



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Trabalho de formatura

PROJETO DE UMA CÂMARA FRIA PARA RESFRIAMENTO DE ALIMENTO

9,0 (nove)
7

Professor Orientador: Adherbal Caminada

Professor coordenador: Alberto Hernandez Neto

Nome: Marco Antônio Pereira Andrade
Nº USP: 1255813

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600005945

Sumário

O objetivo deste trabalho é a instalação de uma câmara de refrigeração num supermercado, situado na cidade de São Paulo. A localização física das instalações deveu-se a vários fatores tais como: densidade populacional, nível sócio econômico da população e também quanto a necessidade de um centro de abastecimento para aquela região.

Iremos inicialmente apresentar as razões pelas quais se faz necessário a refrigeração. Posteriormente apresentamos a descrição de alguns tipos de materiais para isolamento térmico destacando suas principais características, suas aplicações e suas propriedades.

Índice

Tópico	Página
1. Introdução	1
2. Razão térmica	2
3. Razão econômica	3
4. Lã de Rocha Basáltica	4
5. Silicato de Cálcio	26
6. Espuma de Poliuretano	28
7. Fibra de Vidro	31
8. Critérios de Carga Térmica	34
9. Câmara de Frios e laticínios	39
10. Câmara de Carne	43
11. Câmara de Frutas e Vegetais	46
12. Câmara de Aves e Miúdos	50
13. Câmara de Peixes	53
14. Câmara de Congelados	56
15. Tabela Comparativa	59
16. Bibliografia	61
17. Anexos	62

Introdução

Neste trabalho de formatura iremos inicialmente apresentar as razões pelas quais se faz necessário a refrigeração. Posteriormente apresentamos a descrição de alguns tipos de materiais para isolamento térmico destacando suas principais características, suas aplicações e suas propriedades. Em seguida iremos calcular as cargas térmicas para câmaras de produtos distintos, além disso iremos fazer uma comparação entre os materiais empregados na construção de câmaras de refrigeração.

Conceitos básicos sobre isolantes térmicos

O isolamento térmico consiste na utilização de materiais ou sistemas que imponham resistência as maneiras do calor se propagar, reduzindo essa velocidade de transmissão e portanto a quantidade transmitida por unidade de tempo. Esse isolamento tem como finalidades principais:

- Economia de energia
- Estabilidade operacional
- Conforto térmico
- Proteção pessoal
- Evitar condensação (respingo, corrosão)
- Proteção de estruturas

Devem ser conhecidas todas as propriedades mecânicas e térmicas do material para se projetar de forma adequada o sistema de montagem, a espessura do isolamento, a película hidrófuga com a qual deve ser protegido, etc.

Entre outros, pode-se citar como elementos isolantes de boa qualidade e comercialmente usados no mundo todo:

- Amianto prensado
- Amianto projetado
- Carbonato de magnésio
- Cimentos isolantes
- Concreto celular

- Cortiça expandida
- Espuma de borracha
- Espuma de vidro
- Espuma de poliuretano
- Fibras de madeira prensada
- Lã de escoria
- Lã de vidro
- Lã de rocha
- Lãs isolantes refratárias
- Massas isolantes
- Silicato de cálcio
- Multifolhados metálicos
- Papelão ondulado
- Perlita expandida
- Sílica diatomácea
- Sílica expandida
- Vermiculita expandida

Necessidade do isolamento térmico em câmaras frigoríficas

São duas, fundamentalmente, as razões que obrigam a utilização do isolamento térmico em câmaras frigoríficas, a primeira é meramente térmica e a segunda basicamente econômica.

Razão térmica

Sua justificação é simples, ao se considerar que o objetivo básico de funcionamento de uma câmara frigorífica é “aumentar a vida” dos produtos alimentícios perecíveis, mediante a conservação e manutenção dos mesmos em espaços fechados sob baixas temperaturas.

Há produtos como a carne, o peixe congelado que podem ser armazenados por um período de 10 meses, a temperatura entre -20°C e -25°C , sem perda sensível das suas características peculiares.

Outros, como frutas e verduras, em temperaturas perto de 0°C , conservam praticamente integras suas propriedades durante vários meses, se após a colheita são levados para armazéns frigoríficos.

Durante os períodos de colheitas estes produtos perecíveis, cuja “vida” uma vez cortados da árvore ou extraídos da terra é de poucos dias, existe um excesso de oferta dos mesmos, diminuindo seu preço competitivo no mercado e sua rentabilidade para o agricultor.

Se não é prolongada artificialmente a vida destes produtos, mantendo-os em espaços refrigerados, eles perderão todo seu valor de mercado, já que um produto danificado perde sua “oportunidade” de venda.

Não há necessidade de um estudo mais profundo do ponto de vista oferta-demanda, ou ainda da repercussão no poder aquisitivo destes produtos perecíveis para se admitir a necessidade de acondicionamento desses produtos sob temperaturas frias em armazéns fechados para sua manutenção.

O isolamento térmico reduz a transmissão de calor através das superfícies devido ao seu baixo coeficiente de condutibilidade térmica.

De uma maneira geral, pode-se dizer que o isolamento térmico armazena o “frio produzido” pelo equipamento frigorífico no interior da câmara, deixando penetrar apenas uma pequena quantidade de calor.

Razão econômica

Para se transformar energia mecânica ou qualquer outra forma de energia em energia térmica existem diversos custos envolvidos como, por exemplo, com energia elétrica e com fluidos frigoríficos. Isto significa que cada quilocaloria perdida da câmara para o meio ambiente através de paredes, piso e teto resulta em gastos desnecessários. Em termos ideais, deveria-se impedir tais perdas ao se colocar um isolante térmico com efeitos ilimitados mas, um isolamento com uma espessura muito elevada não é adequado, uma vez que estaria-se utilizando um espaço necessário para outras aplicações (o interior da câmara ou o espaço externo disponível no lugar em que a câmara está instalada seriam

sensivelmente prejudicados). Analisando-se esses fatores chega-se no conceito de espessura ótima-econômica.

Descrição de alguns tipos de materiais para isolantes térmicos :

LÃ DE ROCHA BASÁLTICA

A lã mineral, procedente de depósitos vulcânicos era empregada pelos nativos das ilhas havaianas na cobertura de suas moradias para protegê-los do frio e do calor. Foi a precursora de modernos materiais como a lã de rocha, isolante térmico com a mais favorável relação custo-benefício.

Características:

- Incombustibilidade
- Resistência ao fogo
- Segurança
- Proteção pessoal
- Favorável custo-benefício
- Absorção acústica

Propriedades

- Facilidade de manuseio
- Boa resiliência
- Resistentes a vibrações
- Não higroscópicos
- Imputrescíveis e quimicamente neutros

Fabricada em todo o mundo, a lã de rocha devido às suas características termo-acústicas atende os mercados da construção civil, industrial, automotivo e eletrodoméstico entre outros.

Garantindo conforto ambiental, segurança e aumento no rendimento de equipamentos industriais, gera economia de energia com aumento de produtividade.

A lã de rocha é fabricada a partir de rochas basálticas especiais e outros minerais. Aquecidos a 1500°C são transformados em filamentos que, aglomerados com soluções de resinas orgânicas, permitem a fabricação de produtos leves e flexíveis até muito rígidos, dependendo do grau de compactação.

Produtos - Descrição Resumida

PAINÉIS

Painéis flexíveis, semi-rígidos e rígidos, aglomerados com resinas especiais, disponíveis em diferentes densidades e espessuras. Atendem as mais diversas necessidades dos segmentos de construção civil e industrial, isolando equipamentos em baixas, médias e altas temperaturas

Descrição

Painéis em lã de rocha basáltica, aglomerados com resinas especiais. Flexíveis, rígidos ou semi-rígidos, são indicados para tratamentos termo-acústicos para a construção civil e indústria, podendo ser utilizados em baixas, médias e altas temperaturas.

Aplicações

Dispensam rejuntamento, são fáceis de serem cortados (com uma lâmina afiada) e instalados. Indicados para uso em superfícies irregulares, planas ou cilíndricas tais como:

Na construção civil:

- Caixas acústicas
- Como miolo para divisórias e alvenarias
- Sobre forros
- Em coberturas

Na indústria :

- Equipamentos industriais

- Tanques
- Tubulações
- Fogões
- Estufas
- Aquecedores

Propriedades Térmicas :

Apresentam baixa condutividade térmica, conservando energia e garantindo conforto térmico com baixos investimentos.

PSL - Recomendados para temperaturas até 300 °C

PSF - Recomendados para temperaturas até 500 °C

PSR - Recomendados para temperaturas até 750 °C

Acústicas

Os painéis demonstram sua versatilidade ao atuarem como auxiliares na redução de transmissão de som e como absorvedores acústicos.

Comportamento ao fogo

Os painéis em lã de rocha basáltica são classificados como incombustíveis, conforme testes realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e homologados pelo Ministério da Marinha .

Físicas

Resiliência: Recupera a espessura original, após a retirada da força que causou a deformação.

Resistência a água: A lã de rocha basáltica é repelente a água na forma líquida devido aos aditivos adicionados ao produto.

Inércia química

Não atacam as superfícies com as quais mantém contato, quer seja a superfície externa ou o casco do equipamento.

Normas

ABNT NBR - 11364

N - 1618 - Revisão C

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m3)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
PSL - 32	32	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSE - 48	48	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSE - 64	64	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSE - 80	80	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSR - 96	96	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSR - 112	112	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSR - 128	128	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSR - 144	144	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600
PSR - 160	160	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	1.200	600

CONDUTIVIDADE TÉRMICA (Kcal/m.h.°C)

Produto	Temperatura de Operação (°C)							
	0	100	200	300	400	500	600	700
PSL - 32	0,028	0,039	0,050	0,062	0,081			
PSE - 48	0,028	0,038	0,050	0,062	0,080			
PSE - 64	0,027	0,037	0,049	0,061	0,079	0,100		
PSE - 80	0,029	0,037	0,046	0,057	0,071	0,087	0,107	
PSR - 96	0,028	0,034	0,042	0,051	0,062	0,074	0,089	
PSR - 112	0,028	0,034	0,042	0,051	0,062	0,073	0,088	0,105
PSR - 128	0,029	0,035	0,043	0,051	0,062	0,075	0,087	0,103
PSR - 144		0,035	0,042	0,051	0,058	0,071	0,083	0,098
PSR - 160		0,035	0,042	0,050	0,057	0,070	0,082	0,097

Obs: Testes efetuados segundo o método ASTM C - 177

COEFICIENTES DE ABSORÇÃO ACÚSTICA

Produto	Espessura (mm)	Frequência (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	NCR
PSL - 32	50	0,346	0,478	0,737	0,883	0,911	0,960	0,752
PSL - 32	100	0,845	0,977	1,102	1,113	1,088	1,175	1,070
PSE - 64	50	0,497	0,585	0,906	1,047	1,055	1,059	0,898
PSE - 64	100	0,869	1,228	1,194	1,150	1,119	1,092	1,173

Obs.: Os valores superiores a 1 são previstos em norma. Para efeito de projeto, utilizar igual a 1.

Testes efetuados de acordo com as Normas ISO/R-354 e ASTM - C - 423 - 81

FORRO ULTRACÚSTICO

Painéis rígidos revestidos em sua face visível com um filme de PVC texturizado. Proporciona absorção acústica aos ambientes que requerem baixa reflexão de ondas sonoras. Devido à sua

alta resistência térmica, auxilia na conservação de temperaturas em ambientes climatizados e proporciona conforto térmico em condições naturais.

Descrição

Painel rígido em lã de rocha basáltica, revestido em sua face visível com um filme de PVC texturizado na cor branca.

Aplicações

Adequado para os ambientes que requerem estética, conforto termo-acústico e praticidade. Sendo removível, permite fácil acesso à manutenção das instalações elétricas, hidráulicas e ar condicionado.

Propriedades

• Térmicas

Seu excelente desempenho térmico deve-se ao fato de possuir baixa condutividade térmica .

Instalados sob coberturas em edifícios naturalmente climatizados, amortecem as variações diárias de temperatura, reduzindo a passagem do calor para o interior, causando sensação de conforto físico ao usuário e consequentemente aumentando a produtividade.

Também é empregado quando há necessidade de conservar as condições térmicas interiores obtidas artificialmente, diminuindo os custos operacionais e consumos energéticos do edifício.

• Acústicas

Seja em escritórios, escolas, igrejas, ginásios de esportes, indústrias e outras edificações, os ocupantes ficam expostos a ruídos que dificultam a comunicação, com conseqüente perda de conforto e produtividade.

Através de absorção acústica, contribui na redução dos níveis de ruídos nos ambientes e conseqüente melhora da sensação de conforto.

• Higiene (Limpeza)

É inorgânico, não se decompõe e não é atacado por roedores e insetos. Sua película de PVC facilita a limpeza através de um pano úmido e detergente.

Norma

NBR 9442 - 86

FELTROS (FSR)

Feltros leves e flexíveis, aglomerados com resinas especiais. Indicado para usos diversos em superfícies irregulares, planas ou cilíndricas. Melhora a performance termo-acústica de sistemas construtivos e equipamentos industriais.

Descrição

Feltros leves e flexíveis em lã de rocha basáltica, aglomerados com resinas especiais. Devido aos baixos coeficientes de condutividade térmica e elevados índices de absorção acústica, são empregados para tratamentos termo-acústicos na construção civil e indústria.

Aplicações

- Sob coberturas
- Sobre forros vazados
- Sobre forros falsos
- Entre telhas metálicas
- Entre alvenarias
- Entre divisórias
- Em equipamentos térmicos
- Em caixas acústicas

Propriedades

• Térmicas

Reduzem a troca de calor entre a superfície interna e externa isolada, devido à sua baixa condutividade térmica. Recomendados para temperaturas até 400 °C

• Acústicas

Graças à sua estrutura fibrosa, possui elevados índices de absorção acústica, tornando possível a sua utilização na redução do ruído na fonte, através de tratamento acústico do ambiente, ou como auxiliar na redução na transmissão de som entre ambientes.

• **Comportamento ao fogo**

A lã de rocha basáltica, independente da densidade, é incombustível, o que assegura total tranquilidade durante a montagem e após sua aplicação, e principalmente em seu armazenamento.

Inércia química

Não atacam as superfícies com as quais mantém contato, quer seja a superfície externa ou o casco do equipamento.

Norma

ABNT - NBR 11722

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m3)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
FSR - 32	32	25 , 50	12.000 / 8.000	600

CONDUTIVIDADE TÉRMICA (Kcal/m.h.°C)

Produto	Temperatura de Operação (°C)								
	25	50	100	150	200	250	300	350	400
FSR - 32	0,032	0,034	0,039	0,044	0,050	0,057	0,062	0,075	0,081

COEFICIENTES DE ABSORÇÃO ACÚSTICA

Produto	Espessura (mm)	Frequência (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	NCR
FSR – 32	100	0,845	0,977	1,102	1,113	1,088	1,175	1,070

ROLL-MAX® (RM)

Feltros leves e flexíveis envelopados em polietileno. Depositados sobre forros falsos, vazados ou sob coberturas, proporcionam absorção acústica e isolamento térmico aos ambientes.

Descrição

Feltros leves, flexíveis em lã de rocha basáltica, envelopados em polietileno. Destinados as aplicações na construção civil em tratamentos de ambientes que requerem absorção acústica e isolamento térmico.

Aplicações

- sobre forros vazados
- sobre forros falsos
- sob coberturas

Propriedades

• Térmicas:

Devido sua baixa condutividade térmica, amortece e atrasa a passagem do calor, proporcionando conforto aos usuários.

• Acústicas:

Possui elevados índices de absorção acústica, que não são substancialmente alterados pelo polietileno, devido a pequena espessura deste.

• Comportamento ao fogo

A combinação entre a incombustibilidade da lã de rocha e a auto-extinguibilidade do polietileno, resulta em segurança as construções.

• Físicas

1. Resiliência: Recupera a espessura original, após a retirada da força que causou a deformação.
2. Resistência a água: A lã de rocha basáltica é repelente a água na forma líquida devido aos ativos adicionados ao produto.

Inércia química

Não atacam as superfícies com as quais mantêm contato, quer seja externa ou o casco do equipamento.

Norma

ABNT - NBR 11722

Montagem

A leveza e o acabamento superficial em polietileno permitem um manuseio fácil e seguro. Dispensa qualquer tipo de fixação, bastando desenrolar sobre o forro.

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m3)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
RM - 32	32	25 , 40 , 50	3600	600

Condutividade térmica

Produto	Condutividade térmica (Kcal / h.°C) Temperatura Média de 25°C
RM – 25	0,034

Coeficientes de absorção acústica

Espessura (mm)	Frequência (Hz)						
	125	250	500	1000	2000	4000	NCR
50	34,6	47,8	73,7	99,3	91,1	96,0	75,2

THERMAX-FLEX® (TF)

Feltros leves e flexíveis revestidos com folha de alumínio em uma face. Utilizados para isolamento térmico em dutos de ar-condicionado que requeiram proteção à condensação

Descrição

Feltros leves e flexíveis em lã de rocha basáltica, com características térmicas, revestidos em uma das faces com uma folha de alumínio impermeável, proporcionando uma barreira contra a condensação superficial e a penetração de umidade no interior do isolante.

Aplicação

Para isolamento termo - acústico de :

- Dutos de ar condicionado
- Tubulações
- Equipamentos
- Coberturas
- Sobre forros
- Dutos de exaustão para cozinhas industriais e restaurantes

PROPRIEDADES

• Térmicas

A eficiente proteção oferecida pela barreira anti-condensação, constituída pela folha de alumínio, faz do produto um excelente envolvente para os equipamentos de condicionamento de ar e conseqüente economia de energia.

• Comportamento ao fogo

A lâ de rocha basáltica, é classificada como incombustível, conforme testes realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisas tecnológicas). Sua aplicação é recomendada em todos os tipos de edificações, particularmente naquelas em que o isolante deve prover uma proteção adicional contra o fogo. Em edificações com estruturas metálicas portantes, protegidas com materiais " fire-proofing ".

Em dutos de exaustão de cozinhas industriais e restaurantes, proporciona proteção por uma ou duas horas de incêndio, dependendo da espessura e densidade empregadas.

• Físicas

1. Resiliência: Recupera a espessura original, após a retirada da força que causou a deformação.
2. Resistência a água: A lâ de rocha basáltica é repelente a água na forma líquida devido aos aditivos adicionados ao produto.

Inércia química

Não atacam as superfícies com as quais mantém contato, quer seja externa ou o casco do equipamento.

Norma

ABNT - NBR 11722

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m ³)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
TF - 32	32	25, 40 , 50	3600	600

Condutividade térmica

Produto	Condutividade (Kcal/h.°C) Temperatura Média de 25 °C
TF - 32	0,032

Coefficientes de absorção acústica

Produto	Espessura (mm)	Frequência (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	NCR
TF - 32	50	0,34 6	0,478	0,737	0,883	0,911	0,960	0,752

Obs.: Valores superiores a 1 são previstos em norma. Para efeito de projeto, utilizar valor igual a 1

Testes efetuados de acordo com as Normas ISO/R-354 e ASTM - C - 423 - 81.

MANTAS FLEXÍVEIS DE LÃ DE ROCHA (MIT)

Mantas flexíveis revestidas com tela galvanizada em uma das faces. Apresentam resistência a altas temperaturas e grau de conformação elevado, o que facilita sua aplicação em tubulações e equipamentos de geometria irregular.

Descrição

Mantas flexíveis em lã de rocha basáltica, revestidas em uma das faces com tela de arame galvanizado.

Apresentam resistência a altas temperaturas e grau de conformação elevado, o que facilita sua aplicação em tubulações e equipamentos de geometria irregular.

Aplicações

Indicadas para isolamento térmico e acústico de superfícies cilíndricas, planas ou irregulares, caixas removíveis de flanges, válvulas e outros " fittings".

A maleabilidade, flexibilidade e conformabilidade das mantas , permitem a sua utilização em equipamentos e tubulações de formas e diâmetros variados. Além disso, a tela metálica de suporte serve como elemento de fixação.

Propriedades

Térmicas

Possuem baixos coeficientes de condutividade, conservam a energia e proporcionam excelente resultado na relação custo / benefício.

Acústicas

Possuem elevados índices de absorção acústica. Conjugadas com revestimentos massivos, são freqüentemente utilizados para reduzir o nível de ruído de tubulações e equipamentos industriais.

Comportamento ao fogo

Incombustíveis, resistem a temperaturas até 750°C, sem modificar sua estrutura física. Além disso, suportam picos de temperatura superiores a 1000°C, com poucas alterações dimensionais e físicas, proporcionando segurança nos equipamentos sujeitos a súbitos descontroles de temperatura.

Inércia química

Não atacam as superfícies com as quais mantém contato, quer seja externa ou o casco do equipamento.

Norma

ABNT - NBR 13047

N - 1618 - Revisão C

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m ³)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
MIT - 48	48	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	3000	970
MIT - 64	64	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	3000	970
MIT - 80	80	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	3000	970
MIT - 96	96	25 , 40 , 50 , 63 , 75 , 90 , 100	3000	970

Condutividade Térmica (Kcal / m.h.°C)

Produto	Temperatura de Operação (°C)							
	0	100	200	300	400	500	600	700
MIT - 48	0,028	0,038	0,050	0,062	0,080			
MIT - 64	0,027	0,037	0,049	0,061	0,079	0,100		
MIT - 80	0,029	0,037	0,046	0,057	0,071	0,087	0,107	
MIT - 96	0,028	0,034	0,042	0,051	0,062	0,074	0,089	0,105

ISOTUBOS

Tubos de alta densidade, aglomerados com resinas especiais. Recomendados para isolamento termo-acústico de tubulações, flanges, válvulas e conexões.

Descrição

Tubos em lã de rocha basáltica, de alta densidade, aglomeradas com resinas especiais.

One-Piece-Pipe: tubos em uma peça única com corte longitudinal e um semi corte interno do lado oposto. Indicados para tubulações com diâmetros nominais até 4" em diversas espessuras.

Bipartidos: tubos em duas metades iguais e separadas. Indicados para tubulações com diâmetros nominais de 4" a 16", em diversas espessuras.

Aplicações

Recomendados para altas, médias e baixas temperaturas, em isolamentos térmicos de tubulações, flanges, válvulas e conexões, com aplicações nas áreas:

- Industrial
- Construção civil
- Naval
- Usinas termoelétricas
- Destilarias de álcool
- Usinas de açúcar

Propriedades

• Térmicas

Em função dos baixos coeficientes de condutividade térmica, contribuem para redução dos custos de operação e economia de energia. Suportam temperaturas até 750 °C sem deterioração. Suportam picos de temperaturas superiores a 1.000 °C, com pouca ou quase nenhuma modificação em sua estrutura física.

• Acústicas

Possuem elevados índices de absorção acústica. Conjugadas com revestimentos massivos, são freqüentemente utilizados para reduzir o nível de ruído de tubulações e equipamentos industriais

• Comportamento ao fogo

Além de serem incombustíveis, atuam como verdadeiras barreiras contra o fogo garantindo a segurança do aplicador durante o armazenamento e aplicação, protegendo os equipamentos isolados, em caso de incêndios.

• **Físicas**

1. **Resiliência:** Recupera a espessura original, após a retirada da força que causou a deformação.
2. **Resistência a água:** A lã de rocha basáltica é repelente a água na forma líquida devido aos aditivos adicionados ao produto.

• **Mecânicas**

Oferecem boa resistência ao manuseio, aplicação e estocagem, podendo ser utilizados em tubulações com freqüentes vibrações.

Inércia química

Não atacam as superfícies com as quais mantêm contato, quer seja externa ou o casco do equipamento.

Normas

ABNT - NBR 13047

N - 1618 - Revisão C

Montagem

Principalmente os "One-Piece-Pipe", que fornecidos em peça única, reduzem a mão de obra, com perfeito fechamento das juntas no sentido longitudinal. Podem ser cortados em gomos, angulados ou não, para aplicações em curvas, flanges, válvulas, reduções , etc.

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m3)	Espessura (mm)	Diâmetro Nominal (pol)	Comprimento (mm)
ISOTUBO "One Picce Pipe"	Até 165	25,40,50,63,75	De ½ a 4	1000
ISOTUBO "Bipartidos"	Até 130	25,40,50,63,75	De 4 ½ a 16	1000
ISOTUBO "Bipartidos"	Até 130	100	De ½ a 16	1000

ESPESSURAS RECOMENDADAS

Diâmetro da tubulação		Temperatura de Operação (°C)								
Nominal (pol)	Externo do tubo (mm)	0	100	200	300	400	500	600	700	750
1/2	21,3	40	25	40	50	63	75	100	150	175
3/4	26,7	40	25	40	50	63	75	100	150	175
1	33,4	40	25	40	63	75	75	100	150	175
1 1/4	42,2	40	25	50	63	100	75	100	150	175
1 1/2	48,3	40	40	63	75	100	75	150	150	175
2	60,3	50	40	63	75	100	75	150	200	200
2 1/2	73,0	50	40	63	75	100	100	150	200	200
3	88,9	50	40	75	100	125	100	150	200	200
3 1/2	101,6	50	40	75	100	125	100	150	200	200
4	114,3	50	40	75	100	125	125	150	200	200
4 1/2	127,0	50	50	75	100	125	125	150	200	200
5	141,3	63	50	75	100	125	125	150	200	200
6	168,3	63	50	75	100	150	125	150	200	200
8	219,1	63	50	75	100	150	125	200	200	200

10	273,0	63	50	75	100	150	125	200	200	200
12	323,8	63	50	75	100	150	150	200	200	200
14	356,0	75	50	75	100	150	200	200	200	200
16	406,0	75	50	75	100	150	200	200	200	200

Condutividade Térmica (Kcal / m.h. °C)

Temperatura de Operação °C)								
0	100	200	300	400	500	600	700	750
0,030	0,035	0,041	0,048	0,057	0,066	0,077	0,089	0,096

FLOCOS

Flocos amorfos constituídos por fibras em lã de rocha com diâmetro médio entre 6 e 7 microns, isentos de resinas. Devido à sua condição amorfa **preenchem** quaisquer sistemas ou equipamentos de difícil acesso que requeiram isolamento térmico.

Descrição

Flocos amorfos constituídos por fibras em lã de rocha, isentos de resinas e materiais orgânicos, possuem diâmetro médio entre 6 e 7 microns.

Aplicações

Satisfazem as exigências dos mais **complexos** sistemas de isolamentos térmicos e acústicos. Os Flocos são recomendados para preencher quaisquer sistemas e equipamentos de difícil acesso, tais como:

- Fornos e estufas
- Torres de oxigênio
- Paredes duplas de equipamentos

- Criogenia

Propriedades

• Térmicas

Suportam picos de temperatura superiores a 1000 °C.

Sua baixa condutividade térmica resulta em excelente eficiência, provendo economia de energia.

Trabalham dentro de uma larga faixa de temperatura de -200 °C a +750 °C.

• Acústicas

Possuem elevados índices de absorção acústica. Conjugadas com revestimentos massivos, são freqüentemente utilizados para reduzir o nível de ruído de tubulações e equipamentos industriais.

• Comportamento ao fogo

Por serem incombustíveis, oferecem grande segurança em sua aplicação, transporte e armazenamento.

Montagem

Por serem amorfos, os Flocos podem ser aplicados em cavidades, com maior ou menor grau de compactação. A densidade final poderá ser obtida através de um cálculo do volume a ser preenchido e da quantidade do produto utilizada. O resultado térmico será análogo ao de painéis com iguais densidades .

Norma

EB - 590

FELTRO DE LAMELAS

Segmentos rígidos em lã de rocha, suportados por um laminado constituído de papel kraft e alumínio. São dispostos sobre o laminado com as fibras orientadas no sentido vertical, resultando um produto maleável e de grande resistência à compressão. Utilizados para isolamento termo-acústico de superfícies cilíndricas com diâmetro acima de 6 polegadas

Descrição

Segmentos rígidos em lã de rocha basáltica, suportados por um laminado constituído de alumínio, entremeado por uma trama de fios de vidro ou poliéster, que conferem a esse laminado grande resistência ao manuseio.

Os segmentos são dispostos sobre o laminado com as fibras orientadas no sentido vertical, resultando um produto maleável e de grande resistência a compressão.

Aplicação

Principalmente utilizado no isolamento térmico e acústico de superfícies cilíndricas. Adapta-se também ao isolamento de flanges, válvulas, grupos de tubulações e tanques de armazenamento e processo.

Propriedades

• Térmicas

Possui baixo coeficiente de condutividade térmica, proporcionando economia de energia com baixos investimentos.

• Acústicas

Sua alta densidade e elevados índices de absorção acústica proporcionam sensível redução na transmissão do som.

• Comportamento ao fogo

A lã de rocha basáltica é incombustível, resistindo a temperaturas de até 750°C sem modificações em sua estrutura física. Suporta picos de temperatura superiores a 1000°C, o que torna seu uso ideal para equipamentos sujeitos a súbitos desconfortes de temperatura.

• Físicas

1. Resiliência: Recupera a espessura original, após a retirada da força que causou a deformação.

2. Resistência a água: A lã de rocha basáltica é repelente a água na forma líquida devido aos ativos adicionados ao produto. O laminado aluminizado protege ainda mais o produto , mesmo antes de receber o capeamento definitivo.

Produtos especiais

Os feltros de lamelas podem ser fornecidos com acabamentos superficiais diversos, para finalidades específicas. Os acabamentos disponíveis são : PVC, alumínio reforçado , véu de vidro , véu de poliéster , tecido de vidro , etc...

Montagem

Deve ser fixado com duas cintas de alumínio de 1/2" de largura, a cada 500 mm.

Em ambientes protegidos das intempéries, não há necessidade de proteção adicional.

Recomenda-se, vedar as juntas com fita de alumínio auto-adesivo.

Em tubulações e equipamentos externos, deve ser protegido com chapas metálicas lisas (espessura mínima = 0,5 mm) ou alumínio corrugado (espessura 0,40 mm).

Especificações

Produto	Densidade (Kg/m3)	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
LAMEL-MAX® 48	48	25	12500	600
		40	8000	600
		50	7000	600
		60	6000	600
		75	5000	600
		90	4000	600
		100	3500	600
LAMEL-MAX® 96	96	25	12500	600
		40	8000	600

		50	7000	600
		60	6000	600
		75	5000	600
		90	4000	600
		100	3500	600

Condutividade Térmica (Kcal / m.h.°C)

Produto	Temperatura de Operação (°C) - até 300°C						
	0	50	100	150	200	250	300
LAMEL-MAX 48	0,031	0,034	0,039	0,043	0,048	0,053	0,059
LAMEL-MAX 96	0,031	0,037	0,043	0,050	0,057	0,065	0,073

Produto	Temperatura de Operação(°C) - de 350 a 600°C					
	350	400	450	500	550	600
LAMEL-MAX 48	0,067	0,075	0,085	0,095	0,106	0,118
LAMEL-MAX 96	0,081	0,090	0,098	0,107	0,116	0,125

Coefficientes de absorção acústica

Produto	Espessura (mm)	Frequência (Hz)				
		250	500	1000	2000	4000
LAMEL-MAX® 96	50	0,31	0,68	0,94	0,85	0,77
	75	0,43	0,83	0,95	0,65	0,73
	100	0,59	0,87	0,89	0,65	0,65

SILICATO DE CÁLCIO

O silicato de Cálcio é um material isolante térmico isento de amianto, fabricado base de silicato hidratado de cálcio de alta eficiência e resistência, com reforço de fibras, que permitem temperaturas de uso de até 800 °C.

Fornecido na forma calhas de 1/2" a 10", enquanto que para diâmetros superiores é produzido sob a forma de segmentos.

Para isolamento de superfícies planas é fornecido em forma de placas nas dimensões de 36"x36" ou 36"x12", nas espessuras de 1" a 3".

Características :

- Densidade : 200 kg/m³.
- Faixa de Utilização : ambiente até 800 °C.
- Resist. a compressão
5% de deformação (material seco) : 10 Kgf/cm²
- Resistência a Flexão : 4,8 Kgf/cm²
- Condutibilidade Térmica : 0,052 Kcal.m/m²h.c à 150°C.
0,067Kcal m/m²h.c à 300°C.

TABELAS DE ESPESSURAS RECOMENDADAS

Diâmetro Nominal dos tubos	Temperaturas										
	38°C á 92°C	93°C á 148°C	149°C á 203°C	204°C á 259°C	260°C á 315°C	316°C á 370°C	371°C á 426°C	427°C á 481°C	482°C á 537°C	538°C á 592°C	593°C á 848°C
Até 1.1/2"	1"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	2.1/2"	2.1/2"	3"	3"	3"
2"	1"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3"	3"	3.1/2"	3.1/2"
2.1/2"	1"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3"	3"	3.1/2"	3.1/2"
3"	1"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3"	3"	3.1/2"	3.1/2"
3.1/2"	1"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3"	3.1/2"	3.1/2"	3.1/2"
4"	1"	1"	2"	2"	2.1/2"	2.1/2"	3"	3"	3.1/2"	4"	4"
4.1/2"	1"	1"	2"	2"	2.1/2"	2.1/2"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4"
5"	1"	1"	2"	2"	2.1/2"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4"	4.1/2"
6"	1"	1"	2"	2"	3"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4"	4.1/2"
8"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4.1/2"	5"
10"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	3"	3.1/2"	4"	4.1/2"	4.1/2"	5"
12"	1.1/2"	2"	2"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4"	4.1/2"	5"	5"
14"	1.1/2"	2"	2"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4"	4.1/2"	5"	5"
Acima de 16" e Superfícies Planas	1.1/2"	2"	2"	3"	3.1/2"	3.1/2"	4"	4"	4.1/2"	5"	5"

O Silicato de Cálcio se enquadra nas normas ABNT-EB 221 e PETROBRAS N-1618a.

ESPUMA DE POLIURETANO

Descrição

A Espuma Rígida de Poliuretano aplicada pelo processo de "Injeção e Spray (Foam in Place)" é produzida pela reação Polimérica de Policésteres e Poliéteres homogenizados com Poli-isocianato mediante catálise na presença dos agentes de expansão físico-químicos, estabilizadores e aditivos.

Enquanto as reações poliméricas ocorrem na mistura durante o aquecimento espontâneo (Reação Exotérmica), inicia-se a formação do gás, o qual é retido no material, formando células fechadas.

A expansão final corresponde a uma proporção de 15 á 30 vezes o volume original das matérias primas.

Após o Término da reação a espuma adquire as seguintes características:

Características

<u>Densidade:</u>	35 (+ ou - 3) Kg/m ³ (ASTM C-302)
<u>Células Fechadas(Mínimo):</u>	90% (ASTM D 2856)
<u>Resistência a compressão:</u>	2,0 Kgf/cm ² (ASTM C-446)
<u>Resistência a Flexão:</u>	2,0 Kgf/cm ² (ASTM C-446)
<u>Condutividade Térmica á 24°C:</u>	0,016 Kcal.m/m ² .h. °C (ASTM C-335)
<u>Absorção máxima a água:</u>	0,025 g/cm ² (ASTM D-2842)
<u>Permeabilidade Máxima do Vapor de água:</u>	2g. m ² /m a 24 horas (DIN 53122)
<u>Combustibilidade:</u>	Auto-Extinguível (ASTM D-3014)

Considerações Técnicas

A aplicação de espuma rígida de poliuretano pelo processo de "Injeção" deve obedecer a alguns cuidados especiais de forma a se obter uma espuma com as características indicadas. Entre as recomendações habitualmente emitidas ao pessoal de campo que vai operar o equipamento constam as seguintes:

- Isolamento térmico deve ser executado em superfícies, cuja temperatura esteja entre 20 e 60°C.

- Material isolante deverá ser aplicado quando as condições atmosféricas forem favoráveis, isto é, quando se verificarem as seguintes condições:
- Umidade relativa do ar menor ou igual a 80%.
- Temperatura ambiente superior à 10 °C.
- Deve ser dada especial atenção a temperatura das materiais primas que serão usadas na mistura, a fim de não afetar sua qualidade final.

Na determinação da espessura econômica em equipamentos que operam a temperaturas menores que a temperatura ambiente, leva-se em consideração não só o ganho de calor admissível, como também a temperatura superficial do isolamento a qual deve ser inferior ao ponto de orvalho, de forma a se evitarem eventuais condensações do vapor de água contido o ar que envolve o equipamento.

O ganho de calor que se verifica através do isolamento no sentido ambiente superfície do equipamento e função do gradiente de temperatura e, conseqüentemente, será tanto menor quanto maior for a espessura do material isolante.

Tabelas de Espessuras Ideais:

Diâmetro Nominal dos tubos	Temperaturas					
	+15°C	-16°C	-34°C	-48°C	-63°C	-78°C
	á -15°C	á -33°C	á -47°C	á -62°C	á -77°C	á -92°C
1/2"	3/4"	1"	1.1/2"	1.1/2"	1.1/2"	2"
3/4"	1"	1"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2"
1"	1"	1"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2"
1.1/2"	1"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"
2"	1"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"
2.1/2"	1"	1.1/2"	1.1/2"	2"	2.1/2"	2.1/2"
3"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	2.1/2"
4"	1"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"
6"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	2.1/2"	3"
8"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3"
10"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3.1/2"
12"	1.1/2"	2"	2"	2.1/2"	3"	3.1/2"
Acima de 14" e Superfícies Planas	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	3.1/2"	4"

Obs. : Temperatura ambiente 24°C e umidade relativa do ar cm até 80%.

FIBRA DE VIDRO

Mantas (MI):

As mantas flexíveis de fibra de vidro, são materiais isolantes termo-acústicos, incombustíveis, constituídas de fibras finas de vidro, isentas de resina e aglomerante, tendo em uma das suas faces, uma tela de arame galvanizado de malha hexagonal.

Painéis (PSI):

Os painéis de lã de vidro são constituídos por fibras finas de vidro, aglomeradas com resinas sintéticas especiais incombustíveis, imputrecíveis, com alto poder isolante termo-acústico. São fabricados sob a forma de painéis semi-rígidos (20 e 30 Kg/m³) e rígidos (40 e 60 Kg/m³).

Tubos:

Os tubos de lã de vidro são constituídos por fibras de vidro aglomeradas com resinas sintéticas especiais incombustíveis, imputrecíveis, com alto poder isolante termo-acústico e moldados em tubos bipartidos em diversas espessuras.

Os tubos de lã de vidro, são constituídos por fibras de vidro, aglomeradas com resinas sintéticas especiais incombustíveis, imputrecíveis, com alto poder isolante termo-acústico e moldados em tubos bipartidos em diversas espessuras.

Superfícies Cilíndricas

TEMP. (°C)	50		100		150		200		250		300		350		400		450	
Coef. De Condução	0,030		0,033		0,037		0,041		0,046		0,051		0,058		0,064		0,072	
Diâmetro Nominal	E	Tff	E	Tff	E	tff	E	Tff	E	tff	E	Tff	E	Tff	E	tff	E	Tff
1/2"	25	22	25	26	40	26	40	29	50	30	50	33	63,5	33	63,5	37	75	37
3/4"	25	22	25	26	40	26	40	30	50	31	50	34	63,5	34	63,5	38	75	38
1"	25	22	25	27	40	27	40	31	50	31	63,5	31	63,5	35	75	35	75	39
1.1/4"	25	22	25	27	40	27	50	29	50	32	63,5	32	75	33	100	31	100	34
1.1/2"	40	21	40	24	40	28	63,5	27	63,5	29	75	30	75	33	100	32	100	35
2"	40	22	40	24	40	28	63,5	27	63,5	30	75	31	75	34	100	33	100	36
2.1/2"	40	22	40	25	50	26	63,5	27	75	29	75	32	100	31	100	34	125	33
3"	40	22	40	25	50	27	75	26	75	29	100	29	100	31	125	31	125	33
3.1/2"	40	22	40	25	50	27	75	27	75	29	100	29	125	29	125	31	125	34
4"	40	22	40	25	63,5	25	75	27	75	30	100	29	125	29	125	31	125	34
5"	50	21	50	24	63,5	26	75	27	75	20	100	30	125	29	125	32	125	35
6"	50	21	50	24	63,5	26	75	25	75	27	100	30	125	30	150	30	150	33
8"	50	21	50	24	63,5	26	100	26	100	28	125	28	150	29	150	31	150	34
10"	50	22	50	25	75	25	100	26	100	28	125	28	150	29	150	31	175	32
12"	50	22	50	25	100	24	100	26	100	28	125	29	150	29	175	30	175	32
14"	50	22	50	25	100	24	100	26	100	28	150	27	150	30	175	30	200	31

Obs.: E = Espessura do isolante em mm

tff = Temperatura superficial externa (Face Fria) (°C)

Coeficiente de Condutibilidade térmica em (Kcal/m.h.°C)

Condições Admitidas: Temperatura Ambiente = 25°C

Emissividade = 0,20

Velocidade do ar = 0 m/s

Mantas (MI):

As mantas flexíveis de fibra de vidro, são materiais isolantes termo-acústico, incombustíveis, constituídas de fibras finas de vidro, isentas de resina e aglomerante, tendo em uma das suas faces, uma tela de arame galvanizado de malha hexagonal.

Painéis (PSI):

Os painéis de lã de vidro, são constituídos por fibras finas de vidro, aglomeradas com resinas sintéticas especiais incombustíveis, imputrecíveis, com alto poder isolante termo-acústico. São fabricados sob a forma de painéis semi-rígidos (20 e 30 Kg/m³) e rígidos (40 e 60 Kg/m³).

Temp. De Operação (°C)	Produtos Recomendados	Coef. De Condução Térmica	ESPESSURA DO PRODUTO															
			25mm		50mm		75mm		100mm		125mm		150mm		175mm		200mm	
			Q	tff	Q	Tff	Q	tff	Q	tff	Q	tff	Q	tff	Q	tff	Q	Tff
50	FSB-20/PSI-20	0,033	35	23	19	22	13	21	10	21	8	21	6	21	6	21	5	20
	PSI-30	0,031	33	23	18	22	12	21	9	21	7	21	6	21	5	21	5	20
	PSI-40/MI-540	0,030	32	23	17	22	12	21	9	21	7	21	6	21	5	21	4	20
	PSI-60/MI-560	0,029	31	23	16	22	11	21	8	21	7	21	6	21	5	20	4	20
100	FSB-20/PSI-20	0,037	103	30	55	26	38	24	29	23	23	22	19	22	17	22	15	21
	PSI-30	0,034	96	30	51	25	35	23	26	23	21	22	18	22	15	22	13	21
	PSI-40/MI-540	0,033	93	29	50	25	34	23	26	23	21	22	17	22	15	21	13	21
	PSI-60/MI-560	0,032	91	29	48	25	33	23	25	22	20	22	17	22	14	21	13	21
150	FSB-20/PSI-20	0,043	191	39	103	30	70	27	54	25	43	24	36	24	31	23	27	23
	PSI-30	0,040	179	38	96	30	66	27	50	25	40	24	34	23	29	23	25	23
	PSI-40/MI-540	0,037	168	37	90	29	61	26	46	25	37	24	31	23	27	23	24	22
	PSI-60/MI-560	0,036	164	36	87	29	60	26	45	25	36	24	30	23	26	23	23	22
200	PSI-30	0,046	280	48	152	35	104	30	79	28	64	26	54	25	46	25	40	24
	PSI-40/MI-540	0,041	254	45	136	34	93	29	71	27	57	26	48	25	41	24	36	24
	PSI-60/MI-560	0,039	243	44	130	33	89	29	68	27	54	25	46	25	39	24	34	23
	PSI-30	0,053	402	60	220	42	152	35	116	32	94	29	78	28	68	27	59	26
250	PSI-40/MI-540	0,047	364	56	198	40	136	34	103	30	83	28	70	27	60	26	53	25
	PSI-60/MI-560	0,043	338	54	182	38	125	32	95	29	76	28	64	26	55	26	48	25
	PSI-40/MI-540	0,053	490	69	268	47	185	38	141	34	114	31	96	30	82	28	72	27
300	PSI-60/MI-560	0,047	443	64	241	44	165	37	126	33	101	30	85	29	73	27	64	26
	PSI-40/MI-540	0,060	639	84	354	55	244	44	187	39	151	35	127	33	109	31	96	30
350	PSI-60/MI-560	0,051	559	76	305	51	210	41	160	36	129	33	109	31	93	29	82	28
400	PSI-60/MI-560	0,056	695	90	383	58	264	46	202	40	163	36	137	34	118	32	104	30
450	PSI-60/MI-560	0,061	843	104	468	67	323	52	247	45	200	40	168	37	145	34	127	33
500	MI-560	0,067	1.015	121	567	77	394	59	301	50	244	44	205	41	177	38	156	36
550	MI-560	0,075	1.223	142	691	89	482	68	370	57	300	50	252	45	218	42	192	39

Obs.: Q = Perda de Calor através da Isolação (Kcal/m².h)

tff = Temperatura superficial externa (Face Fria) (°C)

Coefficiente de Condutibilidade térmica em (Kcal/m.h.°C)

Condições Admitidas: Temperatura Ambiente = 25°C

Emissividade = 0,20

EspeSSuras que proporcionam máxima eficiência com o menor investimento possível.

CRITÉRIOS DE CARGA TÉRMICA

Os fatores que influem no cálculo da carga térmica a ser retirado de uma câmara frigorífica são os seguintes:

1. PENETRAÇÃO

Este item considera o fluxo térmico que penetra na câmara através das paredes, piso e teto em virtude do gradiente de temperatura existente entre as faces interna e externa.

A carga térmica é calculada com a seguinte expressão:

$$Q_{PE} = \sum K S \Delta t \cdot 24 \text{ (Kcal/dia)}$$

onde:

K (kcal / $\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$) coeficiente global de transmissão de calor. Depende do material e da espessura da parede, assim como do tipo e espessura do isolamento.

A ASHRAE nos fornece uma tabela da espessura de isolamento em função de K (tabela 1), bem como a espessura de isolamento em função da temperatura interna da câmara (tabela 2).

S (m^2) área de troca de calor. Envolve paredes, teto, e piso.

Δt ($^\circ\text{C}$) diferença de temperatura entre as faces interna e externa da parede.

Consideramos para efeito de cálculo as condições de temperatura externa para o verão segundo ABNT (condições de projeto).

Consideramos a temperatura do solo igual a 18°C .

Vamos considerar que as câmaras estejam em espaço coberto, protegido dos raios solares. Portanto, para efeito de cálculo, a parcela de carga térmica devido a irradiação será desprezada.

2. PRODUTO

Este item considera a carga térmica necessária a resfriar e/ou congelar o produto.

É dividido em duas partes:

a) Caso em que não se atinge o ponto de congelamento

Neste caso considera-se somente o calor sensível a ser retirado do produto durante o resfriamento, Portanto:

$$Q_{PR} = m c (t_I - t_F) \quad (\text{Kcal/dia})$$

onde:

m (Kg) massa do produto por dia

c (Kcal/Kg °C) calor específico do produto

t_I (°C) temperatura do produto no início

t_F (°C) temperatura do produto no final

b) Caso em que há congelamento e sub-resfriamento

Neste caso considera-se além dos calores sensíveis antes e depois do ponto de congelamento, o calor latente de congelamento do produto. Portanto:

$$Q_{PR} = m [c_1 (t_I - t_C) + L + c_2 (t_C - t_F)] \quad (\text{kcal/dia})$$

m (Kg) massa do produto por dia

C_1 (Kcal/Kg °C) calor específico do produto antes do congelamento.

T_i (°C) temperatura inicial do produto

T_c (°C) temperatura de congelamento do produto

L (Kcal/Kg) calor latente de congelamento

C_2 (kcal/kg °C) calor específico depois do congelamento

t_f (°C) temperatura final do produto

Durante a parte inicial do período de resfriamento, a carga no equipamento é consideravelmente maior que a média da carga do produto. Para compensar pela distribuição desigual da carga de resfriamento, um fator de resfriamento é algumas vezes introduzido no cálculo da carga de resfriamento. Os fatores de regime de resfriamento para produtos variados estão enumerados na tabela 3.

CALOR DE RESPIRAÇÃO

Frutas e vegetais estão ainda vivos depois da colheita e continuam a experimentar mudanças enquanto armazenados. O calor desprendido é chamado calor de respiração. O calor de respiração para várias frutas e vegetais é registrado na tabela 4.

O calor de respiração é dado pela expressão:

$$Q_R = m c_R 24 \text{ (Kcal/dia)}$$

onde:

m (kg) massa do produto

c_R (Kcal/Kg h) calor de respiração

3. INFILTRAÇÃO

Este item considera a carga térmica introduzida na câmara com o ar externo que se infiltra através das portas. A citada carga térmica é calculada pela relação:

$$Q_{inf} = T_R V \Delta H \text{ (kcal/dia)}$$

onde:

T_R número de trocas de ar por dia.

A *ASHRAE* nos fornece uma tabela de número de trocas de ar por dia em função da temperatura e do volume da câmara (tabela 5).

$V \text{ (m}^3\text{)}$ volume da câmara considerada

$\Delta H \text{ (Kcal/m}^3\text{)}$ diferença de entalpia em função das condições do ar interno e externo (tabela 6).

4. CARGA SUPLEMENTAR

ILUMINAÇÃO

Corresponde ao calor desenvolvido pelas lâmpadas no interior das câmaras frigoríficas e que pode ser calculado com a seguinte expressão:

$$Q_{il} = 0,860 W T \text{ (kcal/dia,)}$$

onde:

0,860 (kcal/wh) fator de conversão

$W \text{ (watt)}$ potência desenvolvida pelas lâmpadas

$T \text{ (horas)}$ tempo de funcionamento das lâmpadas por dia.

Supõe-se que para cada m^2 de área da câmara haja necessidade de 5 watts de iluminação (5 watts/ m^2).

PESSOAS

Considera-se a carga térmica introduzidas nas câmaras pelas pessoas encarregadas da colocação e retirada de produtos. É calculada pela expressão:

$$Q_{\text{pes}} = n T \alpha \text{ (kcal/dia)}$$

onde:

n número de pessoas que entram na *câmara* por dia.

T (horas) tempo de permanência das pessoas na câmara.

α (kcal/pessoa h) calor fornecido câmara por pessoa. É função da temperatura da câmara. A ASHRAE nos fornece uma tabela de α em função da temperatura da câmara (tabela 7).

MOTORES

É a carga térmica desenvolvida pelos motores dos ventiladores no interior das várias câmaras. É fornecido pela expressão:

$$Q_m = N / \varphi \text{ (kcal/dia)}$$

onde:

N (cv) potência dos motores

φ rendimento dos motores

632 (kcal / CV h)— fator de conversão.

CARGA TOTAL

A carga total é a soma das várias cargas parciais descritas anteriormente.

Por motivo de segurança, acrescentamos 10% do valor da carga total em virtude de aumentos imprevistos da carga real durante o funcionamento do sistema.

Para se obter a carga total em Kcal/h, basta dividir pelo tempo de funcionamento do sistema. Se adota o seguinte critério:

Câmara acima de 1°C	16 horas de Funcionamento
Câmara abaixo de 1 °C	18 horas de funcionamento

I. CÂMARA DE FRIOS E LATICÍNIOS

O produto é estocado em caixas de polietileno.

DADOS PARA CÁLCULOS :

Temperatura interna : 2/4 ° C

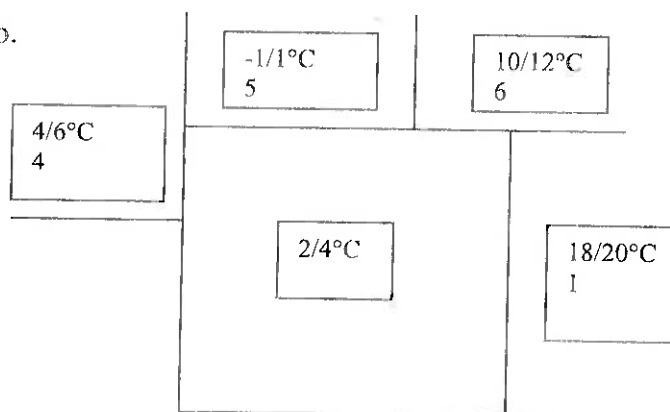
Umidade relativa interna : 80/85 %

Temperatura externa : 32 ° C

Umidade externa : 60 %

Altura da câmara : 4 m

Volume da câmara : 120 m³



I – Penetração

PAREDES :

1 - Área = 20 m²

$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

$\Delta t = 16^\circ \text{C}$

$Q = 0,366 \times 20 \times 16 \times 24 = 2.811 \text{ kcal/dia}$

2 - Área = 24 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 29^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 24 \times 29 \times 24 = 6.114 \text{ kcal/dia}$$

3 - Área = 16 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 29^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 29 \times 24 = 4.076 \text{ kcal/dia}$$

4 - Área = 4 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 2^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 4 \times 2 \times 24 = 70 \text{ kcal/dia}$$

5 - Área = 16 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = -3^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times (-3) \times 24 = -422 \text{ kcal/dia}$$

6 - Área = 8 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 8^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 8 \times 8 \times 24 = 562 \text{ kcal/dia}$$

TETO :

$$\text{Área} = 30 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 29^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 30 \times 29 \times 24 = 7.642 \text{ kcal/dia}$$

SOLO :

Temperatura do solo = 18°C

Área = 30 m^2

$K(4'') = 0,366\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

$\Delta t = 15^{\circ}\text{C}$

$Q = 0,366 \times 30 \times 15 \times 24 = 3.953\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE PENETRAÇÃO : $Q_{pe} = 24.806\text{ kcal/dia}$

II – PRODUTO

Supondo movimentação diária de 3.000 kg/dia

Temperatura de entrada = 15°C

Calor específico do produto = $0,65\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$

$Q = 3.000 \times 0,65 \times (15-3) = 23.400\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE PRODUTO : $Q_{pr} = 23.400\text{ kcal/dia}$

III – INFILTRAÇÃO

Volume da câmara = 120 m^3

Nº de troca de ar em 24 horas = 7,5

$h_e = 22,2\text{ kcal/m}^3$ ($t_e = 32^{\circ}\text{C}$ e $\phi = 60\%$)

$h_c = 3,6\text{ kcal/m}^3$ ($t_c = 2/4^{\circ}\text{C}$ e $\phi = 80/85\%$)

$Q = 7,5 \times 120 \times (22,2 - 3,6) = 16.740\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE INFILTRAÇÃO : $Q_{inf} = 16.740\text{ kcal/dia}$

IV – CARGA SUPLEMENTAR

- ILUMINAÇÃO

Potência de iluminação = 5W/m^2 , Área = 30 m^2

Tempo de funcionamento = 1 hora

$Q = 0,860 \times 5 \times 30 \times 1 = 129\text{ kcal/dia}$

- PESSOAS

Número de pessoas por dia = 2

Tempo de permanência na câmara = 1 hora

Calor emitido na câmara = 200 kcal/pessoa.h

$$Q = 2 \times 1 \times 200 = 400 \text{ kcal/dia}$$

- MOTORES

Supondo potência total de $\frac{1}{4}$ CV, rendimento de 75 %

$$Q = \frac{\frac{1}{4} \times 632}{0,75} \times 24 = 5.056 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL SUPLEMENTAR : $Q_{\text{sup}} = 5.585 \text{ kcal/dia}$

RESUMO DAS CARGAS

- CARGA DE PENETRAÇÃO	: 24.806 kcal/dia
- CARGA DE PRODUTO	: 23.400 kcal/dia
- CARGA DE INFILTRAÇÃO	: 16.740 kcal/dia
- CARGA SUPLEMENTAR	: 5.585 kcal/dia
SUB-TOTAL	70.531 kcal/dia
FATOR DE SEGURANÇA – 10 %	7.053 kcal/dia
TOTAL.....	77.600 kcal/dia
TEMPO DE FUNCIONAMENTO	: 16 horas
CAPACIDADE REQUERIDA	: $Q = 4.850 \text{ kcal/h}$

II. CÂMARA DE CARNE

O produto é estocado pendurado em trilhos.

DADOS PARA CÁLCULOS :

Temperatura interna : 0/2 ° C

Umidade relativa interna : 85/90 %

Temperatura externa : 32 ° C

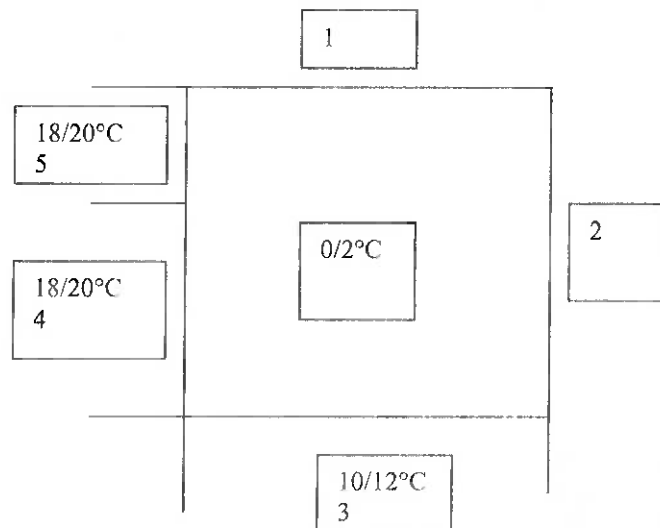
Umidade externa : 60 %

Altura da câmara : 4 m

Volume da câmara : 120 m³

Estocagem = 250 kg/m²

Capacidade = 7.500 kg



I – Penetração

PAREDES :

1 - Área = 20 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 31^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 20 \times 31 \times 24 = 5.446 \text{ kcal/dia}$$

2 - Área = 24 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 31^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 24 \times 31 \times 24 = 6.535 \text{ kcal/dia}$$

3 - Área = 20 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 10^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 20 \times 10 \times 24 = 1.757 \text{ kcal/dia}$$

4 - Área = 16 m²

$$K(4'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = - 20^\circ \text{ C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times (-20) \times 24 = - 1.874 \text{ kcal/dia}$$

5 - Área = 8 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 18^\circ \text{ C}$$

$$Q = 0,366 \times 8 \times 18 \times 24 = 1.265 \text{ kcal/dia}$$

TETO :

$$\text{Área} = 30 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 31^\circ \text{ C}$$

$$Q = 0,366 \times 30 \times 31 \times 24 = 8.169 \text{ kcal/dia}$$

SOLO :

$$\text{Supondo temperatura do solo} = 18^\circ \text{ C}$$

$$\text{Área} = 30 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 17^\circ \text{ C}$$

$$Q = 0,366 \times 30 \times 17 \times 24 = 4.480 \text{ kcal/dia}$$

$$\text{CARGA TOTAL DE PENETRAÇÃO : } Q_{pe} = 25.778 \text{ kcal/dia}$$

II – PRODUTO

$$\text{Supondo movimentação diária de } 2.000 \text{ kg/dia}$$

$$\text{Temperatura de entrada} = 15^\circ \text{ C}$$

$$\text{Calor específico do produto} = 0,75 \text{ kcal/kg }^\circ \text{ C}$$

$$Q = 2.000 \times 0,75 \times 14 = 21.000 \text{ kcal/dia}$$

$$\text{CARGA TOTAL DE PRODUTO : } Q_{pr} = 21.000 \text{ kcal/dia}$$

III – INFILTRAÇÃO

$$\text{Volume da câmara} = 120 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de troca de ar em 24 horas} = 7,5$$

$$h_e = 22,2 \text{ kcal/m}^3 \text{ (} t_e = 32^\circ \text{ C e } \phi = 60 \% \text{)}$$

$$h_c = 2,7 \text{ kcal/m}^3 \text{ (} t_c = 0/2^\circ \text{ C e } \phi = 85/90 \% \text{)}$$

$$Q = 7,5 \times 120 \times (22,2 - 2,7) = 17.550 \text{ kcal/dia}$$

$$\text{CARGA TOTAL DE INFILTRAÇÃO : } Q_{\text{inf}} = 17.550 \text{ kcal/dia}$$

IV – CARGA SUPLEMENTAR

- ILUMINAÇÃO

$$\text{Potência de iluminação} = 5 \text{ W/m}^2, \text{ Área} = 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Tempo de funcionamento} = 1 \text{ hora}$$

$$Q = 0,860 \times 5 \times 30 \times 1 = 129 \text{ kcal/dia}$$

- PESSOAS

$$\text{Número de pessoas por dia} = 2$$

$$\text{Tempo de permanência na câmara} = 1 \text{ hora}$$

$$\text{Calor emitido na câmara} = 220 \text{ kcal/pessoa.h}$$

$$Q = 2 \times 1 \times 220 = 440 \text{ kcal/dia}$$

- MOTORES

Supondo potência total de $\frac{1}{4}$ CV, rendimento de 75 %

$$Q = \frac{\frac{1}{4} \times 632}{0,75} \times 24 = 5.056 \text{ kcal/dia}$$

$$0,75$$

$$\text{CARGA TOTAL SUPLEMENTAR : } Q_{\text{sup}} = 5.625 \text{ kcal/dia}$$

RESUMO DAS CARGAS

- CARGA DE PENETRAÇÃO	: 25.778 kcal/dia
- CARGA DE PRODUTO	: 21.000 kcal/dia
- CARGA DE INFILTRAÇÃO	: 17.550 kcal/dia
- CARGA SUPLEMENTAR	: 5.625 kcal/dia
SUB-TOTAL	70.000 kcal/dia
FATOR DE SEGURANÇA – 10 %	7.000 kcal/dia
TOTAL.....	77.000 kcal/dia
TEMPO DE FUNCIONAMENTO	: 16 horas
CAPACIDADE REQUERIDA	: Q = 4.800 kcal/h

III. CÂMARA DE FRUTAS E VEGETAIS

O acondicionamento é feito em caixas de polietileno e em caixas de madeira.

DADOS PARA CÁLCULOS :

Temperatura interna : 24/6 ° C

Umidade relativa interna : 85/90 %

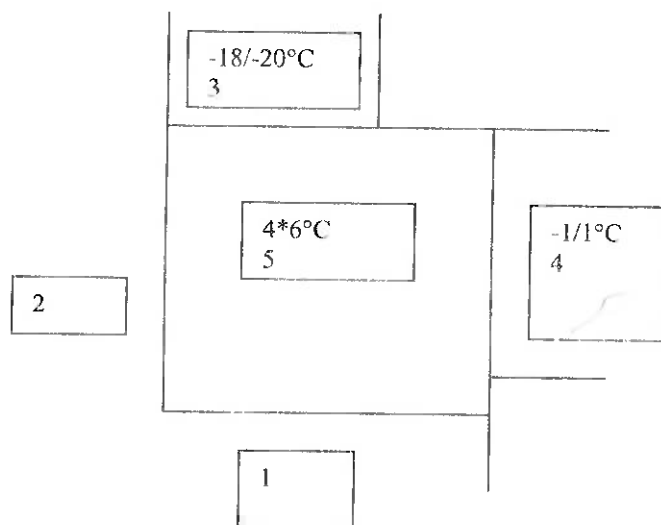
Temperatura externa : 32 ° C

Umidade externa : 60 %

Altura da câmara : 4 m

Volume da câmara : 80 m³

Capacidade : 4.000 kg



I – Penetração

PAREDES :

1 - Área = 16 m²

$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

$\Delta t = 27^\circ \text{C}$

$Q = 0,366 \times 16 \times 27 \times 24 = 3.795 \text{ kcal/dia}$

2 - Área = 20 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 27^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 20 \times 27 \times 24 = 4.743 \text{ kcal/dia}$$

3 - Área = 16 m²

$$K(4'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = -24^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times (-24) \times 24 = -2.249 \text{ kcal/dia}$$

4 - Área = 16 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 5^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 5 \times 24 = 703 \text{ kcal/dia}$$

5 - Área = 4 m²

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 2^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 4 \times 2 \times 24 = 70 \text{ kcal/dia}$$

TETO :

$$\text{Área} = 20 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 27^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 20 \times 27 \times 24 = 4.743 \text{ kcal/dia}$$

SOLO :

Temperatura do solo = 18°C

Área = 20 m^2

$K(4'') = 0,366\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$

$\Delta t = 13^{\circ}\text{C}$

$Q = 0,366 \times 20 \times 13 \times 24 = 2.284\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE PENETRAÇÃO : $Q_{pc} = 14.089\text{ kcal/dia}$

II – PRODUTO

Supondo movimentação diária de 600 kg/dia

Temperatura de entrada = 32°C

Adota-se um fator de regime de resfriamento de 0,8

Calor específico do produto = $0,90\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$

$Q = \frac{600 \times 0,90}{0,8} \times 27 = 18.225\text{ kcal/dia}$

Deve-se considerar o calor proveniente das caixas de madeira ou de outro material

Considerando-se 100 kg/dia e Calor específico de $0,6\text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$

$Q = \frac{100 \times 0,6}{0,8} \times 27 = 2.025\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE PRODUTO : $Q_{pr} = 20.250\text{ kcal/dia}$

III – CALOR DE RESPIRAÇÃO DO PRODUTO

Calor médio de respiração = $0,05\text{ kcal/kg.h}$

$Q = 4.000 \times 0,05 \times 24 = 4.800\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE RESPIRAÇÃO : $Q_{re} = 4.800\text{ kcal/dia}$

IV – INFILTRAÇÃO

Volume da câmara = 80 m^3

Nº de troca de ar em 24 horas = 9,5

$h_e = 22,2\text{ kcal/m}^3$

$h_c = 5,0\text{ kcal/m}^3$

$Q = 9,5 \times 80 \times (22,2 - 5,0) = 13.072\text{ kcal/dia}$

CARGA TOTAL DE INFILTRAÇÃO : $Q_{inf} = 13.072\text{ kcal/dia}$

IV – CARGA SUPLEMENTAR

- ILUMINAÇÃO

Potência de iluminação = 5W/m^2 , Área = 30 m^2

Tempo de funcionamento = 1 hora

$$Q = 0,860 \times 5 \times 20 \times 1 = 86 \text{ kcal/dia}$$

- PESSOAS

Número de pessoas por dia = 2

Tempo de permanência na câmara = 1 hora

Calor emitido na câmara = 210 kcal/pessoa.h

$$Q = 2 \times 1 \times 210 = 420 \text{ kcal/dia}$$

- MOTORES

Supondo potência total de $\frac{1}{4}$ CV, rendimento de 75 %

$$Q = \frac{\frac{1}{4} \times 632}{0,75} \times 24 = 5.056 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL SUPLEMENTAR : $Q_{\text{sup}} = 5.562 \text{ kcal/dia}$

RESUMO DAS CARGAS

- CARGA DE PENETRAÇÃO : 14.089 kcal/dia
- CARGA DE PRODUTO : 20.250 kcal/dia
- CARGA DE RESPIRAÇÃO : 4.800 kcal/dia
- CARGA DE INFILTRAÇÃO : 13.072 kcal/dia
- CARGA SUPLEMENTAR : 5.562 kcal/dia

SUB-TOTAL 57.773 kcal/dia

FATOR DE SEGURANÇA – 10 % 5.777 kcal/dia

TOTAL..... 63.550 kcal/dia

TEMPO DE FUNCIONAMENTO : 16 horas

CAPACIDADE REQUERIDA : $Q = 4.000 \text{ kcal/h}$

IV. CÂMARA DE AVES E MIÚDOS

As aves e os miúdos (coração, fígado, etc.) são colocados em prateleiras ou empilhados, acondicionados em caixas de polietileno. São vendidos inteiramente pelo auto-serviço.

DADOS PARA CÁLCULOS :

Temperatura interna : $-1/1^{\circ}\text{C}$

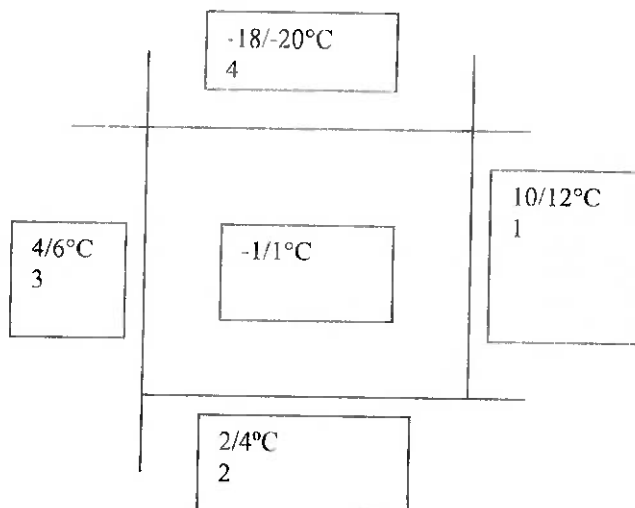
Umidade relativa interna : 85/90 %

Temperatura externa : 32°C

Umidade externa : 60 %

Altura da câmara : 4 m

Volume da câmara : 64 m^3



I – Penetração

PAREDES :

1 - Área = 16 m^2

$$K(4'') = 0,366\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 11^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 11 \times 24 = 1.546\text{ kcal/dia}$$

2 - Área = 16 m^2

$$K(4'') = 0,366\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 3 \times 24 = 422\text{ kcal/dia}$$

3 - Área = 16 m^2

$$K(4'') = 0,366\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 5 \times 24 = 703\text{ kcal/dia}$$

$$4 - \text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = -19^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times (-19) \times 24 = -1.780 \text{ kcal/dia}$$

TETO :

$$\text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 32^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 32 \times 24 = 4.497 \text{ kcal/dia}$$

SOLO :

$$\text{Temperatura do solo} = 18^\circ \text{C}$$

$$\text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(4'') = 0,366 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 18^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 18 \times 24 = 2.530 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL DE PENETRAÇÃO : $Q_{pe} = 7.918 \text{ kcal/dia}$

II – PRODUTO

Supondo movimentação diária de 800 kg/dia

$$\text{Temperatura de entrada} = 15^\circ \text{C}$$

$$\text{Calor específico do produto} = 0,75 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$$

$$Q = 800 \times 0,75 \times 15 = 9.000 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL DE PRODUTO : $Q_{pr} = 9.000 \text{ kcal/dia}$

III – INFILTRAÇÃO

$$\text{Volume da câmara} = 64 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de troca de ar em 24 horas} = 10$$

$$h_e = 22,2 \text{ kcal/m}^3 \text{ (t e = } 32^\circ \text{C e } \varnothing = 60 \%)$$

$$h_c = 2,7 \text{ kcal/m}^3 \text{ (t c = } -1/1^\circ \text{C e } \varnothing = 85/90 \%)$$

$$Q = 10 \times 64 \times (22,2 - 2,7) = 12.480 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL DE INFILTRAÇÃO : $Q_{inf} = 12.480 \text{ kcal/dia}$

IV – CARGA SUPLEMENTAR

- ILUMINAÇÃO

Potência de iluminação = 5W/m^2 , Área = 16 m^2

Tempo de funcionamento = 1 hora

$$Q = 0,860 \times 5 \times 16 \times 1 = 69 \text{ kcal/dia}$$

- PESSOAS

Número de pessoas por dia = 2

Tempo de permanência na câmara = 1 hora

Calor emitido na câmara = 240 kcal/pessoa/h

$$Q = 2 \times 1 \times 240 = 480 \text{ kcal/dia}$$

- MOTORES

Supondo potência total de $\frac{1}{4}$ CV, rendimento de 75 %

$$Q = \frac{1}{4} \times \frac{632}{0,75} \times 24 = 5.056 \text{ kcal/dia}$$

0,75

CARGA TOTAL SUPLEMENTAR : $Q_{\text{sup}} = 5.605 \text{ kcal/dia}$

RESUMO DAS CARGAS

- CARGA DE PENETRAÇÃO : 7.918 kcal/dia
- CARGA DE PRODUTO : 9.000 kcal/dia
- CARGA DE INFILTRAÇÃO : 12.480 kcal/dia
- CARGA SUPLEMENTAR : 5.605 kcal/dia

SUB-TOTAL35.000 kcal/dia

FATOR DE SEGURANÇA – 10 % 3.500 kcal/dia

TOTAL.....38.500 kcal/dia

TEMPO DE FUNCIONAMENTO : 16 horas

CAPACIDADE REQUERIDA : $Q = 2.400 \text{ kcal}$

V. CÂMARA DE PEIXES

Os peixes são acondicionados em caixas de polietileno.

DADOS PARA CÁLCULOS :

Temperatura interna : -18/-20 ° C

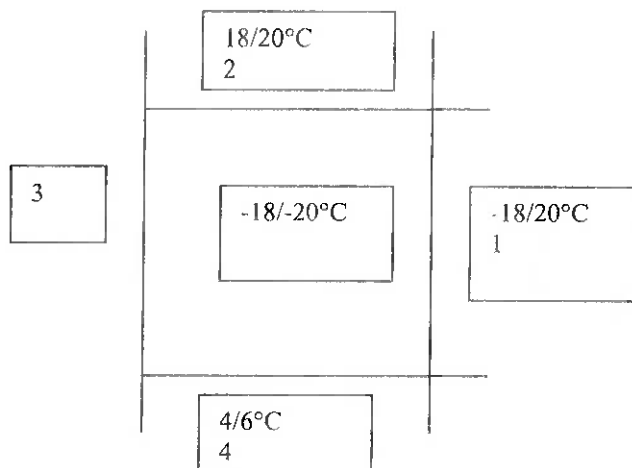
Umidade relativa interna : 90/95 %

Temperatura externa : 32 ° C

Umidade externa : 60 %

Altura da câmara : 4 m

Volume da câmara : 64 m³



I – Penetração

PAREDES :

1 - $Q = 0$

2 - Área = 24 m²

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 38^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 38 \times 24 = 3.560 \text{ kcal/dia}$$

3 - Área = 16 m²

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 51^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 51 \times 24 = 4.778 \text{ kcal/dia}$$

4 - Área = 16 m²

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 24^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,366 \times 16 \times 24 \times 24 = 2.250 \text{ kcal/dia}$$

TETO :

$$\text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 51^\circ \text{ C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 51 \times 24 = 4.778 \text{ kcal/dia}$$

SOLO :

$$\text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 37^\circ \text{ C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 37 \times 24 = 3.467 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL DE PENETRAÇÃO : $Q_{pe} = 18.833 \text{ kcal/dia}$

II – PRODUTO

Supondo movimentação diária de 200 kg/dia

Temperatura de entrada = -10° C

Calor específico do produto = $0,39 \text{ kcal/kg }^\circ \text{ C}$

$$Q = 200 \times 0,39 \times (-10 + 19) = 702 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL DE PRODUTO : $Q_{pr} = 702 \text{ kcal/dia}$

III – INFILTRAÇÃO

$$\text{Volume da câmara} = 64 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de troca de ar em 24 horas} = 9$$

$$h_e = 22,2 \text{ kcal/m}^3 \text{ (t e } = 32^\circ \text{ C e } \varnothing = 60 \%)$$

$$h_c = -6,2 \text{ kcal/m}^3 \text{ (t c } = -18/-20^\circ \text{ C e } \varnothing = 90/95 \%)$$

$$Q = 9 \times 64 \times (22,2 + 6,2) = 16.358 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL DE INFILTRAÇÃO : $Q_{inf} = 16.358 \text{ kcal/dia}$

IV – CARGA SUPLEMENTAR

- ILUMINAÇÃO

$$\text{Potência de iluminação} = 5 \text{ W/m}^2, \text{ Área} = 16 \text{ m}^2$$

Tempo de funcionamento = 1 hora

$$Q = 0,860 \times 5 \times 16 \times 1 = 69 \text{ kcal/dia}$$

- PESSOAS

Número de pessoas por dia = 2

Tempo de permanência na câmara = 1 hora

Calor emitido na câmara = 325 kcal/pessoa.h

$$Q = 2 \times 1 \times 325 = 650 \text{ kcal/dia}$$

- MOTORES

Supondo potência total de $\frac{1}{4}$ CV, rendimento de 75 %

$$Q = \frac{\frac{1}{4} \times 632}{0,75} \times 24 = 5.056 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL SUPLEMENTAR : $Q_{\text{sup}} = 5.775 \text{ kcal/dia}$

RESUMO DAS CARGAS

- CARGA DE PENETRAÇÃO : 18.833 kcal/dia

- CARGA DE PRODUTO : 702 kcal/dia

- CARGA DE INFILTRAÇÃO : 16.358 kcal/dia

- CARGA SUPLEMENTAR : 5.775 kcal/dia

SUB-TOTAL41.668 kcal/dia

FATOR DE SEGURANÇA – 10 % 4.170 kcal/dia

TOTAL.....45.835 kcal/dia

TEMPO DE FUNCIONAMENTO : 18 horas

CAPACIDADE REQUERIDA : $Q = 2.546 \text{ kcal/h}$

VI. CÂMARA DE CONGELADOS

DADOS PARA CÁLCULOS :

Temperatura interna : $-18/-20^{\circ}\text{C}$

Umidade relativa interna : 90/95 %

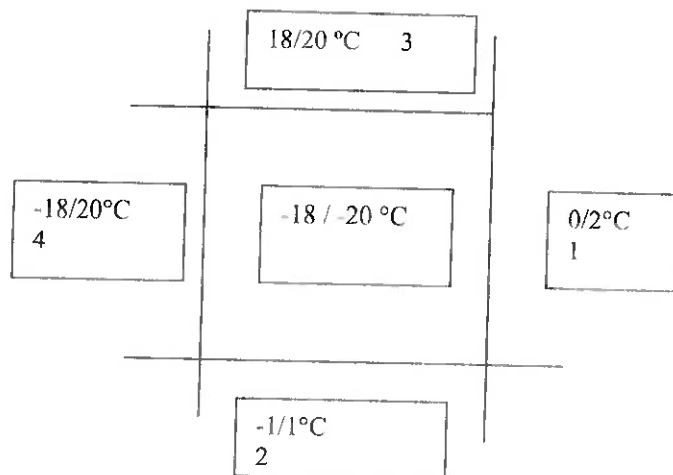
Temperatura externa : 32°C

Umidade externa : 60 %

Altura da câmara : 4 m

Volume da câmara : 64 m^3

I - Penetração



PAREDES :

1 - Área = 16 m^2

$$K(6'') = 0,244\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 20 \times 24 = 1.874\text{ kcal/dia}$$

2 - Área = 16 m^2

$$K(6'') = 0,244\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 19^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 19 \times 24 = 1.780\text{ kcal/dia}$$

3 - Área = 16 m^2

$$K(6'') = 0,244\text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t = 38^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 38 \times 24 = 3.560\text{ kcal/dia}$$

4 - $Q = 0$

TETO :

$$\text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 51^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 51 \times 24 = 4.778 \text{ kcal/dia}$$

SOLO :

$$\text{Temperatura do solo} = 18^\circ \text{C}$$

$$\text{Área} = 16 \text{ m}^2$$

$$K(6'') = 0,244 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 37^\circ \text{C}$$

$$Q = 0,244 \times 16 \times 37 \times 24 = 3.467 \text{ kcal/dia}$$

$$\text{CARGA TOTAL DE PENETRAÇÃO : } Q_{pc} = 15.459 \text{ kcal/dia}$$

II – PRODUTO

Supondo movimentação diária de 500 kg/dia

$$\text{Temperatura de entrada} = -10^\circ \text{C}$$

$$\text{Calor específico do produto} = 0,40 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$$

$$Q = 500 \times 0,40 \times (-10 + 19) = 1.800 \text{ kcal/dia}$$

$$\text{CARGA TOTAL DE PRODUTO : } Q_{pr} = 1.800 \text{ kcal/dia}$$

III – INFILTRAÇÃO

$$\text{Volume da câmara} = 64 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de troca de ar em 24 horas} = 9$$

$$h_e = 22,2 \text{ kcal/m}^3 \text{ (t}_e = 32^\circ \text{C e } \phi = 60 \%)$$

$$h_c = -6,2 \text{ kcal/m}^3 \text{ (t}_c = -18/-20^\circ \text{C e } \phi = 90/95 \%)$$

$$Q = 9 \times 64 \times (22,2 + 6,2) = 16.358 \text{ kcal/dia}$$

$$\text{CARGA TOTAL DE INFILTRAÇÃO : } Q_{inf} = 16.358 \text{ kcal/dia}$$

IV – CARGA SUPLEMENTAR

- ILUMINAÇÃO

Potência de iluminação = 5W/m^2 , Área = 16 m^2

Tempo de funcionamento = 1 hora

$$Q = 0,860 \times 5 \times 16 \times 1 = 69 \text{ kcal/dia}$$

- PESSOAS

Número de pessoas por dia = 2

Tempo de permanência na câmara = 1 hora

Calor emitido na câmara = 325 kcal/pessoa.h

$$Q = 2 \times 1 \times 325 = 650 \text{ kcal/dia}$$

- MOTORES

Supondo potência total de $\frac{1}{4}$ CV, rendimento de 75 %

$$Q = \frac{\frac{1}{4} \times 632}{0,75} \times 24 = 5.056 \text{ kcal/dia}$$

CARGA TOTAL SUPLEMENTAR : $Q_{\text{sup}} = 5.775 \text{ kcal/dia}$

RESUMO DAS CARGAS

- CARGA DE PENETRAÇÃO : 15.459 kcal/dia
- CARGA DE PRODUTO : 1.800 kcal/dia
- CARGA DE INFILTRAÇÃO : 16.358 kcal/dia
- CARGA SUPLEMENTAR : 5.775 kcal/dia

SUB-TOTAL39.392 kcal/dia

FATOR DE SEGURANÇA – 10 % 3.939 kcal/dia

TOTAL.....43.331 kcal/dia

TEMPO DE FUNCIONAMENTO : 18 horas

CAPACIDADE REQUERIDA : $Q = 2.400 \text{ kcal/h}$

A partir deste ponto iremos montar uma tabela comparativa com os valores de condutividade térmica ($\text{kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$) e os respectivos materiais mais usuais para a montagem das câmaras de resfriamento. Para esta tabela iremos analisar as câmaras de resfriamento onde temos espessuras de 4'' e 6'' conforme tabela 2.

	Kcal m/m ² .h	4'' (isolante)	6'' (isolante)
Poliuretano	0,016 Kcal/m ² .h	0,157 Kcal/m ² .h	0,105 Kcal/m ² .h
Lã de Rocha	0,028 Kcal/m ² .h	0,275 Kcal/m ² .h	0,184 Kcal/m ² .h
Cortiça	0,037 Kcal/m ² .h	0,366 Kcal/m ² .h	0,244Kcal/m ² .h
Lã de Vidro	0,043 Kcal/m ² .h	0,423 Kcal/m ² .h	0,282 Kcal/m ² .h
Silicato de Cálcio	0,052 Kcal/m ² .h	0,512 Kcal/m ² .h	0,341 Kcal/m ² .h

Agora iremos montar uma tabela comparativa, com os valores de cargas calculadas anteriormente, com valores de carga levando em consideração os coeficientes de condutividade térmica calculados para outros materiais. Iremos analisar somente os materiais com coeficientes menores que o da cortiça, já que utilizamos esta para o cálculo de carga de penetração (kcal/dia).

Câmara	Laticínio	Carne	Frutas	Aves
Poliuretano (a)	10.641	11.057	6.043	3.396
Lã de Rocha (b)	18.638	19.368	10.586	5.949
Cortiça (c)	24.806	25.778	14.089	7.918
Diferença (c) para (b)	25%			
Diferença (c) para (a)	57%			

Utilizando a alternativa com isolamento de poliuretano expandido, teremos uma economia em cada câmara igual:

Câmara	Laticínio	Carne	Frutas	Aves
Economia (kcal/dia)	14.165	14.721	8.046	4.522

Em um mês teremos uma economia de 41.454 kcal

BIBLIOGRAFIA

1. Dossat, R. – Princípios de Refrigeração
2. Remi, B. S. – Instalações Frigoríficas
3. Remi, B. S. – Manual de Refrigeração e Ar Condicionado
4. ASHRAE : - Guide and Data Book 1972, Chapters 35/44
5. Silva, R. B. – Manual de Termodinâmica Transmissão de Calor, 6º ed. 1980
6. Wylen, G. V. – Fundamentos da Termodinâmica Clássica, Ed. Blücher, 1995
7. Comité Français de l'Isolation-Guide de l'Isolation Thermique, Ed. Eyrolles, 1977
8. Incropera, P.F.; Dewitt, D.P.-Fundamentos de Transferencia de Calor e Massa, 1990
9. www.plastico.com.br
10. www.isar.com.br

Tabela 01

Espessura de cortiça ou equivalente em polegada	k em Btu/ft ² h °F
3	0,10
4	0,075
5	0,060
6	0,050
7	0,043
8	0,0375
9	0,0333
10	0,0300
11	0,0273
12	0,0250

Tabela 02

Espessura do isolamento (cortiça ou equivalente)	k Btu/ft ² h °F
3"	0,100
4"	0,075
5"	0,060
6"	0,050
7"	0,043
8"	0,0375
9"	0,0333
10"	0,0300

Tabela 03

P r o d u t o	Calor específico Btu/°F. lb		Calor latente de soli- difica- ção Btu/lb	Tempera- tura de congela- mento °F	Multiplicador	
	Congelamento				durante resfriamento	durante armazenamento
	acima	abaixo				
manteiga	0,64	0,34	15	0 - 30	1,10 - 1,15	1,02 - 1,05
queijo	0,64	0,36	79	9	1,10 - 1,15	1,20 - 1,25
ovos em caixa	0,76	0,40	100	27	1,10 - 1,15	1,15 - 1,20
ovos congelados	0,76	0,40	100	27	-	1,05 - 1,10
sorvetes	0,78	0,45	48	0 - 27	1,02 - 1,08	1,02 - 1,08
leite fresco	0,94	0,49	126	31	1,10 - 1,20	1,10 - 1,20
feijão seco	0,30	0,25	18	-	-	1,10 - 1,15
couve	0,93	0,47	132	31	1,20 - 1,25	1,30 - 1,40
milho em grão	0,29	0,24	15	-	-	1,10 - 1,15
alface	0,90	0,45	136	31	1,20 - 1,25	1,30 - 1,40
cebola	0,90	0,51	128	30	1,15 - 1,20	1,25 - 1,30
batata irlandesa	0,86	0,47	113	29	1,10 - 1,15	1,15 - 1,20
tomates maduros	0,92	0,46	132	31	1,20 - 1,25	1,30 - 1,40
maças verdes	0,90	0,49	122	28	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35

bananas verdes	0,90	0,36	-	30	1,20 - 1,30	1,30 - 1,40
bananas maduras	0,90	0,36	-	30	1,20 - 1,30	1,30 - 1,40
uva tipo americ.	0,85	0,45	112	28	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35
mangas	0,90	0,46	134	32	1,15 - 1,20	1,25 - 1,30
laranjas	0,90	0,47	125	28	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35
pêssegos verdes	0,92	0,48	128	30	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35
peras verdes	0,81	0,49	122	29	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35
abacaxi verde	0,90	0,50	128	28	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35
abacaxi maduro	0,90	0,50	128	28	1,20 - 1,25	1,25 - 1,35
carne verde	0,75	0,40	98	27	1,40 - 1,50	1,15 - 1,25
carne congelada	0,75	0,40	98	27	-	1,05
carne de porco	0,72	0,40	94	-	1,40 - 1,50	1,15 - 1,25
carne de porco cong.	0,68	0,38	87	29	1,40 - 1,50	1,15 - 1,25
peixe fresco	0,80	0,41	101	28	1,15 - 1,20	1,20 - 1,25
peixe congelado	0,80	0,41	101	28	-	1,05
camarão e lagosta viva	-	-	-	-	1,20 - 1,25	1,20 - 1,25
peixe salgado	-	-	-	-	1,10 - 1,15	1,10 - 1,15
batatas	-	-	-	28	1,15 - 1,20	1,25 - 1,30
gêlo	1,00	0,50	144	32	-	1,10 - 1,20

P r o d u t o	Armazenagem				Máximo tempo de armazena- gem	Respi- ração Btu por 2000 lb de prod. por 24 h	% de água
	Curto prazo		Longo prazo				
	Bulbo seco °F	Umidade relat. %	Bulbo seco °F	Umidade relat. %			
manteiga	45	60 - 80	-10	65 - 85	12 meses	-	15
queijo	40	70 - 80	32	70 - 80	2 "	-	55
ovos em caixa	40	70 - 85	30	70 - 85	9 "	-	73
ovos congelados	-	-	0	60 - 80	12-18 "	-	73
sorvetes	0	60 - 80	-10	60 - 80	2 semanas	-	60
leite fresco	40	60 - 70	32	60 - 70	5 dias	-	88
feijão seco	50	60 - 70	32	60 - 70	12 meses	-	13
couve	35	80 - 90	32	80 - 90	3-4 "	1.408	92
milho em grão	50	60 - 70	35	60 - 70	12 "	-	11
alface	35	80 - 90	32	80 - 90	2-3 "	7.392	95
cebola	50	75 - 80	32	75 - 85	5-6 "	1.100	89
batata irlandesa	40	80 - 90	36	80 - 90	6 "	1.760	79
tomates maduros	40	80 - 85	40	80 - 85	7-10 dias	572	95
maças verdes	35	80 - 88	30	80 - 88	2- 7 "	880	84

bananas verdes	56	80 - 85	35	80 - 85		3.300	75
bananas maduras	56	80 - 85	56	80 - 85	7-10 dias	3.300	75
uva tipo americano	35	80 - 85	31	80 - 85	3-8 seman.	1.320	82
mangas	33	80 - 85	33	80 - 85	7-10 dias	506	93
laranjas	40	80 - 85	32	80 - 85	8-10 seman.	1.400	86
pêssegos verdes	35	80 - 85	31	80 - 85	1-4 "	1.980	88
peras verdes	35	80 - 88	31	80 - 88	2-7 meses	880	84
abacaxi verde	60	80 - 88	50	80 - 88	3-4 seman.	880	88
abacaxi maduro	45	80 - 88	40	80 - 88	2-4 "	506	88
carne verde	35	80 - 87	32	80 - 87	1-6 meses	-	68
carne congelada	-	-	-10	80 - 90	9-12 "	-	68
carne de porco	36	70 - 85	31	70 - 85	-	-	-
carne de porco cong.	35	70 - 87	32	70 - 87	3-7 dias	-	60
peixe fresco	35	80 - 85	33	80 - 90	15 "	-	70
peixe congelado	-	-	0	80 - 90	8-10 meses	-	70
peixe salgado	-	-	40	80 - 90	10-12 "	-	-
camarão e lagosta viva	39	70 - 85	36	80 - 85	-	-	-
batatas	35	-	30	70 - 80	3-6 meses	-	-
gêlo	25	60 - 80	20	60 - 80	-	-	100

Tabela 04

FRUTAS			LEGUMES		
Gêneros de 1ª Necessidade	Temperatura em °F	Btu por h por lb	Gêneros de 1ª Necessidade	Temperatura em °F	Btu por h por lb
Maçãs	32	.018	Aspargos	32	.135
	40	.030		40	.170
	60	.120		60	.170
Damascos	32	.023	Feijões, Lima	32	.170
	40	.036		40	.170
	60	.170		60	.170
Bananas Conserve Ameiuramento Resfriamento	54	.089	Feijões, Java	32	.099
	48	.190		40	.140
	70-58	.5004		60	.470
			Berinjelas	32	.055
Amoras comuns	36	.115		40	.085
	60	.345		60	.150
Cerejas	32	.032	Bróto de Bruxelas (repolho)	32	.059
	40	.050		40	.095
Amoras	32	.014		60	.280
	40	.019	Couve	32	.059
	50	.076		40	.095
Tâmaras, Frescas	32	.014		60	.280
	40	.019	Couve flor	32	.059
	50	.036		40	.095
Laranja	32	.0096		60	.280
	40	.022	Cenouras	32	.045
	60	.058		40	.073
Uvas	32	.0075		60	.170
	40	.014	Algo	32	.059
	60	.050		40	.095
Limões	32	.012		60	.280
	40	.017	Molho, Doce	32	.035
	60	.062		40	.170
Limas	32	.012	Papas	32	.028
	40	.017		40	.041
	60	.062		60	.175
Laranjas	32	.017	Chicória	40	.150
	40	.029		60	.240
	60	.104	Alface	32	.330
Pêssegos	32	.023		40	.330
	40	.036		60	.950
	60	.170	Melões (exceto Melões de Água)	32	.028
Pera	32	.016		40	.041
	60	.230		60	.175
Ameixas	32	.012	Cogumelos	32	.130
	60	.250		59	.450
Marmelos	32	.018	Cebolas	32	.018
	40	.030		50	.039
	60	.110		70	.075
Morangos	32	.068	Pastinacas	32	.045
	40	.170		40	.073
	60	.150		60	.170
			Ervilhas	32	.170
				60	.820
			Pimentas	32	.057
				60	.170
			Batatas	32	.014
				40	.030
			Cenoura	40	.040
				60	.110
			Tomates (verdes)	60	.110
				40	.027
			Feijões	32	.040
				40	.050

Da Carrier Design Data. Reproduzido por permissão da Corporação Carrier.

Tabela 05

Volume da câmara em pés cúbicos	Trocas de ar em 24 horas	
	$t_1 \geq 0^\circ\text{C}$	$t_1 < 0^\circ\text{C}$
200	44,0	-
300	34,5	-
400	29,5	-
500	26,0	20
600	23,0	-
800	20,0	-
1000	17,5	13,5
1500	14,0	-
2000	12,0	9,3
3000	9,5	-
4000	8,2	-
5000	7,2	5,6
6000	6,5	-
8000	5,5	-
10000	4,9	3,8
15000	3,9	-
20000	3,5	2,6
25000	3,0	-
30000	2,7	2,1
40000	2,3	1,8
50000	2,0	1,6
75000	1,6	-
100000	1,4	1,1

Tabela 06

TEMPERATURA °C	UMIDADE RELATIVA					
	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %
	Entalpia do Ar			Kcal/m ³		
-45	-16.7	-16.7	-16.7	-16.7	-16.7	-16.7
-47.5	-15.6	-15.6	-15.6	-15.6	-15.6	-15.6
-40	-14.5	-14.5	-14.5	-14.5	-14.5	-14.5
-37.5	-13.4	-13.4	-13.4	-13.4	-13.4	-13.4
-35	-12.3	-12.3	-12.3	-12.3	-12.3	-12.3
-32.5	-11.2	-11.2	-11.3	-11.3	-11.4	-11.4
-30	-10.2	-10.2	-10.3	-10.3	-10.4	-10.4
-27.5	-9.2	-9.2	-9.3	-9.3	-9.4	-9.4
-25	-8.2	-8.2	-8.3	-8.3	-8.4	-8.4
-22.5	-7.2	-7.2	-7.3	-7.3	-7.4	-7.4
-20	-6.2	-6.2	-6.3	-6.3	-6.4	-6.4
-17.5	-5.2	-5.2	-5.3	-5.4	-5.5	-5.5
-15	-4.2	-4.2	-4.3	-4.4	-4.5	-4.6
-12.5	-3.1	-3.2	-3.3	-3.4	-3.5	-3.7
-10	-2.1	-2.2	-2.3	-2.4	-2.5	-2.7
-7.5	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4	-1.6	-1.7
-5	-0.2	-0.0	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8
-2.5	1.4	1.2	0.9	0.7	0.4	0.2
0	2.7	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2
+2.5	4.0	3.6	3.3	2.9	2.6	2.2
+5	5.3	4.9	4.5	4.1	3.6	3.2
+7.5	6.7	6.3	5.8	5.3	4.7	4.2
+10	8.2	7.7	7.1	6.5	5.9	5.3
+12.5	9.9	9.2	8.5	7.8	7.1	6.4
+15	11.7	10.8	10.0	9.2	8.4	7.6
+17.5	13.5	12.5	11.6	10.7	9.8	8.3
+20	15.5	14.4	13.4	12.3	11.2	10.1
+22.5	17.7	16.5	15.3	14.0	12.7	11.5
+25	20.2	18.8	17.3	15.8	14.3	12.9
+27.5	22.9	21.2	19.5	17.8	16.1	16.4
+30	25.9	23.9	21.9	19.9	18.0	16.0
+32.5	29.1	26.8	24.5	22.2	20.0	17.7
+35	32.7	30.0	27.5	24.8	22.2	19.6
+37.5	36.6	33.5	30.6	27.6	24.5	21.6
+40	40.9	37.3	33.9	30.5	27.0	23.7
+42.5	45.7	41.5	37.6	33.7	29.8	25.9
+45	50.8	46.0	41.6	37.3	32.9	28.4

Número de trocas completas de Ar externo = n = 5

(admitido)

Volume de câmara V = 900 m³

$$Q = n \cdot V(h_E - h_C) = 5 \times 900 \times 25,9 - (-2,1) = 12200 \frac{\text{kcal}}{24\text{hr}}$$

Exemplo de cálculo:

Condições do ar externo 30°C e 90%

Condições do ar da câmara -10°C e 80%

Da Tabela h_E = 25,9 Kcal/m³ h_C = -2,1 kcal/m³

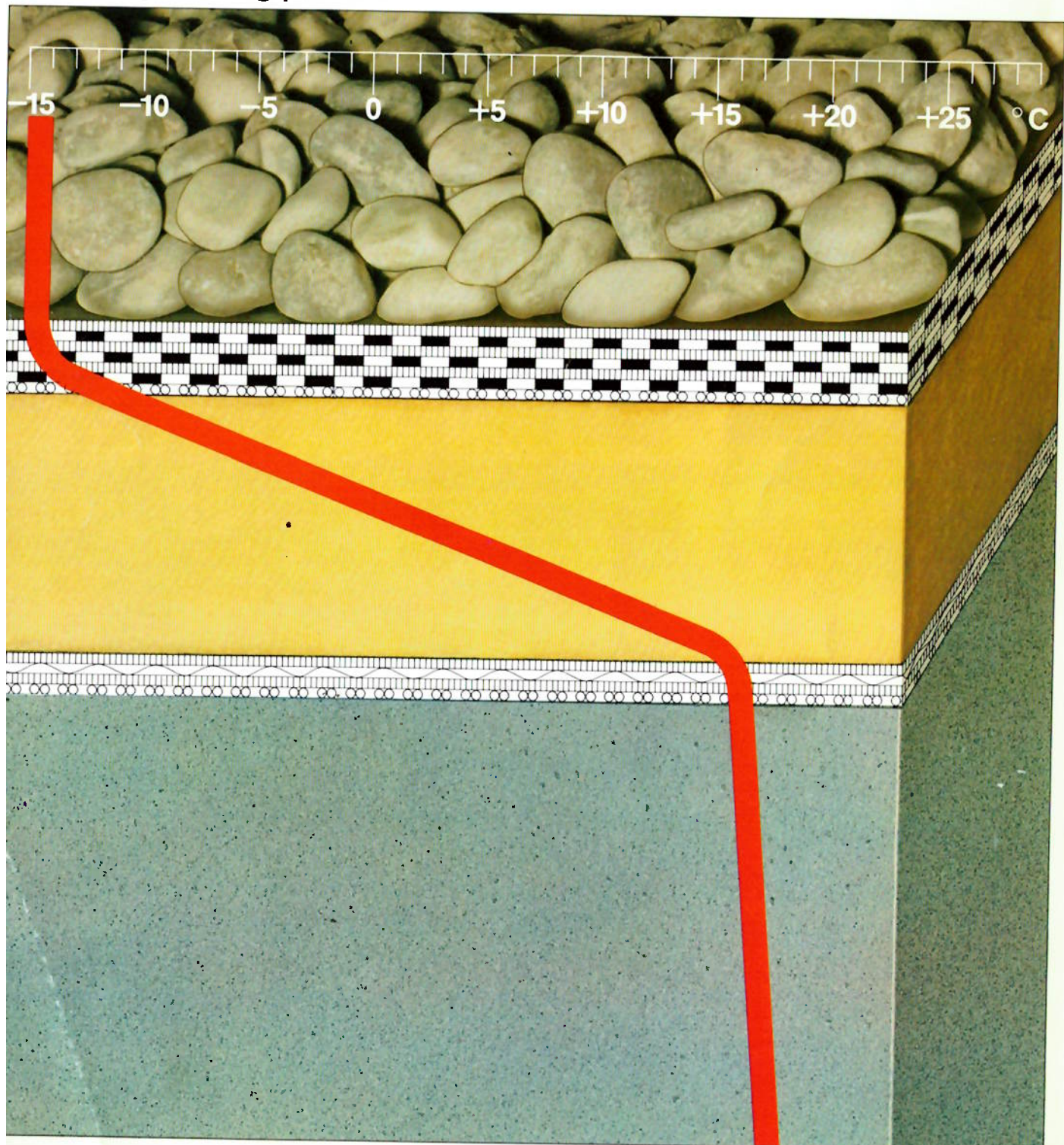
Tabela 07

Temperatura de camara °F	Calor emitido por pessoa Btu/h
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

Cost-effective roof insulation with Baymer

Polyurethane-based rigid foam systems

Bayer engineering plastics



Bayer



Baymer: Insulating materials for all types of roof

Different types of roof structure, such as non-ventilated flat roofs, ventilated flat roofs and the like require an appropriate type of insulating material. It must possess the required properties and be easy to produce and install.

Baymer's engineering plastic [®]Baymer is a highly suitable insulating material for all types of roof.

What is Baymer?

Baymer is an engineering plastic from the large family of polyurethanes. Polyisocyanate and Baymer polyol form the raw materials basis. The addition of blowing agents and auxiliaries initiates a chemical reaction which results in rigid polyurethane foam. Its special features are low density and an extremely low level of thermal conductivity (thanks to the closed cell structure). For this reason, Baymer is used wherever energy has to be saved. Baymer insulating materials are further characterized by their excellent fire safety rating.

The main advantages of Baymer

- It provides excellent thermal insulation.
- Its thermal stability ranges from -200°C to $+130^{\circ}\text{C}$ and may be as high as $+250^{\circ}\text{C}$ over short periods (this means that it can be laid using hot bitumen).
- Its fire safety rating as per DIN 4102 is B 1 or B 2 (either without facings or as sandwich sections with suitable facings).
- It has very good ageing resistance.
- It is resistant to chemicals and weathering.
- Thanks to its closed cell structure, it is not sensitive to moisture; there is no water absorption.
- Compressive strength, tensile strength and flexural strength can be adjusted in accordance with the density.
- It bonds effectively with other materials.
- Processing is quick and efficient.
- It can be supplied in many different forms.

Thermal insulation

The cost-effectiveness of an insulating material is very much dependant on its heat insulation capacity. Baymer has no rival as regards insulating effectiveness. The reason for this is the use of mono-fluorotrichloromethane (R 11) as a blowing agent of extremely low thermal conductivity, which is retained in the closed cells as a gas. Static gas largely eliminates the possibility of heat migration.

Measured values

The thermal conductivity of this insulating material has been measured at up to $\lambda = 0.019 \text{ W/(K} \cdot \text{m)}$ in accordance with DIN 52612, Sheets 1 and 2. The values

undergo no significant change in the course of time if facings impervious to diffusion are used.

Calculated values

In comparison to the old calculated values, the new values for Baymer rigid foam insulating materials represent a considerable improvement.

Insulation reserves

When calculating the thickness of thermal insulation in accordance with the values* prescribed in the Federal Republic of Germany, considerable reserves of insulation are available if the optimum measured values for Baymer are taken into account.

Thermal conductivity groups/ Calculated values for thermal conductivity

Products	Thermal conductivity groups	Calculated values*) $\text{W/(K} \cdot \text{m)}$
Baymer slabs with facings impervious to diffusion, e.g. laminated with metal foil $\geq 50 \mu\text{m}$ thick	020	0.020
	025	0.025
Baymer slabs without facings impervious to diffusion	030	0.030
	035	0.035

*) see "Bulletin of the Institute of Building Technology, Berlin", No. 4, 1979, and "Bundesanzeiger" No. 157

Improvement in calculated values for thermal conductivity of Baymer rigid foam insulating materials

	Improvement in %	Old calculated value $\text{W/(K} \cdot \text{m)}$	New calculated value $\text{W/(K} \cdot \text{m)}$
Baymer rigid foam insulating materials with facings impervious to diffusion	31	0.029	0.020
	13.8	0.029	0.025
Baymer rigid foam insulating materials without facings impervious to diffusion	14.3	0.035	0.030
	-	0.035	0.035

Thermal stability and resistance to hot bitumen

Baymer withstands short-term temperature peaks of up to $+250^{\circ}\text{C}$ and can therefore be laid using hot bitumen. The permanent service temperature range is between -200°C and $+130^{\circ}\text{C}$. As a result of this, even the extreme variations in temperature which occur on flat roofs do not cause any damage.



Thanks to its excellent thermal stability, Baymer can be laid using hot bitumen

Fire safety classification*)

The building industry requires insulating materials which are able to solve different fire safety problems. Baymer rigid foam meets this demand by means of two possible fire safety classifications:

Class B2 either without facings, or as a composite together with suitable facings. It is regulated by the guidelines for the classification of combustible building materials in building construction and in the new version of DIN standard 4102. Baymer insulating materials are resistant to lying cinders and radiant heat and do not drip burning particles.

*) The data are valid only for the Federal Republic of Germany. Outside the Federal Republic of Germany, the fire classifications according to national laws and standards must be observed (in addition to Baymer, Baytherm rigid foam is used).

Long-term performance

Rigid polyurethane foams have been successfully used in practical applications for decades. Even when no long-term protection against weathering has been provided, Baymer insulation shows no signs of rotting, decay or shrinkage. The reliability and economy of the insulating material is attested by references from over ten years of service as roof insulation.

Resistance to chemicals

Baymer is resistant to all solvents encountered in the building industry and contained, for example, in solvent welding agents, adhesives, bituminous coatings and pastes, wood preservatives and sealing compounds. In addition to this, Baymer rigid polyurethane foam insulating materials are resistant to the plasticizers present in sealing foil, to motor fuels, mineral oil, dilute acids and alkalis, and to the effects of waste gases and aggressive industrial atmospheres.

Moisture stability

Because of its closed-cell structure, water absorption in Baymer is largely a superficial effect. The insulating layer cannot possibly become saturated even if the roof seal is damaged.



Thanks to its closed-cell structure, Baymer is resistant to moisture

Bonding effect

Baymer, initially in a liquid state, expands between facings and bonds them together to form a single unit during a tacky intermediate phase. Baymer forms a strong and permanent bond with many materials.

Workability

Baymer products are of low density and therefore present no problems where sawing, cutting, drilling and nailing are concerned.



Baymer can easily be worked using conventional tools

Mechanical load-bearing properties

Baymer insulating materials can be produced in various densities and with varying compressive stress, flexural and tensile strength values according to the particular demands they have to meet. They are therefore able to withstand the different types of loads which occur when the slabs are used as surfacing for paths or roads.

Forms supplied

Since Baymer is available in a number of different forms – as slabs, sandwich sections or on-site foam, thermal insulating problems ranging from large areas to the most complex cavity filling can be efficiently solved.

The legal and economic necessity of thermal insulation in the Federal Republic

Economic necessity

The alarming decline in reserves of oil and the consequent increase in energy costs have not only forced the industrialized nations to look for new sources of energy, but have also led to a demand that the energy which is used (in particular thermal energy) should be more efficiently employed.

Legal necessity

Since 1968, minimum requirements for constructional thermal insulation have existed, but these were established merely in order to prevent structural damage. The legal requirements of the thermal insulation regulation (valid since November 1, 1977), go far beyond the conditions set out in DIN standard 4108. In order to achieve the goal of a 20% reduction in the overall cost of the energy needed for heating buildings, the entire covering surface of the building, including the roof, requires better insulation. In the case of roofs constructed over heated rooms, a highly effective layer of insulation at least 7 to 8 cm thick is required instead of the 4 to 5 cm thick insulating slabs previously used.

The legislation is interpreted differently in the individual "Länder" of the German Federal Republic by means of supplementary regulations.

For obvious reasons it is not possible to deal here with the wide variety of legislation enacted in other countries.

Quality insulating materials

For this reason, architects and planners are searching more intensively than ever before for an insulating material which provides a solution to all types of insulation problem, which is structurally sound, easy to process and, above all, economical in the long term. A common feature of insulating materials based on rigid polyurethane foam is their low thermal conductivity, which is matched by no other insulating material. The values remain unchanged for years, even under extreme conditions.

Over 10 years of field-proven performance

The report of the West German Heat Insulation Research Institute is proof of Baymer's long-term properties. After 10 years' service as flat roof insulation, the thermal conductivity of Baymer slabs was measured. The result was $0.025 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$, or $(\lambda = 0.022 \text{ kcal}/\text{mh}^\circ\text{C})$ – well below the calculated thermal conductivity of $0.030 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ or $(\lambda = 0.026 \text{ kcal}/\text{mh}^\circ\text{C})$. So even after 10 years, rigid polyurethane foam insulating slabs have remarkable reserves of insulation.

FORSCHUNGSGEHEIM FÜR WÄRMESCHUTZ E. V.
WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

MÜNCHEN 27, den 8.12.1965
Donaustraße 46
Fernsprecher 41731

GUTACHTEN
OBER
WÄRMELEITFAHIGKEIT 1)

Antragsteller: Farbenfabriken Bayer AG., Leverkusen
Materialbezeichnung des Antragstellers: Harte Polyurethan-Schaumstoffplatten mit geschnittener Oberfläche
Herkunft des Materials: Vom Antragsteller übersandt
Prüfrichtung: Zweiplattengerät 300 mm x 300 mm
Angaben des Antragstellers: Polyurethan-Schaumstoff (Desmophen TMLA), mit Fluortrichlormethan getrieben; Herstellungstag: 8.10.1964.
Prüfergebnisse

Mitteltemperatur in °C	Wärmeleitfähigkeit in kcal/m h grd
20	0,017 ₈

Die vorstehende Wärmeleitzahl wurde 13 Wochen nach dem Herstellungstag an den Proben mit geschnittener Oberfläche mit den Abmessungen von etwa 500 mm x 500 mm x 40 mm gemessen.
Bei der Berechnung des Wärmeschutzes von Baukonstruktionen ist für das untersuchte Material der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit nach DIN 4108 zu verwenden.

Rohdichte vor der Prüfung: 46,5 kg/m³
Rohdichte nach der Prüfung: 46,5 kg/m³
Feuchtigkeitsgehalt: lufttrocken (20 °C, 65 % rel. Luftfeuchte)

Wissenschaftlicher Leiter: Dr. rer. nat. W. F. Cammerer
Sachbearbeiter: (Dipl.-Ing. H. Zehndner)

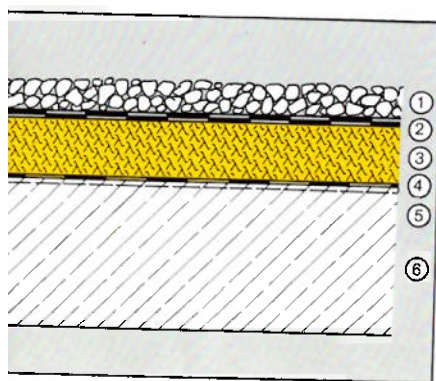
Bei der Vereinfachung des Gutachtens aus dem Original sind irgend welche Änderungen wiedergegeben worden. Eine Fälschung, welche Verunstaltung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Forschungsinstitutes zulässig. Das gleiche gilt für die Bezugnahme auf das Prüfzeugnis in der Werbung.

The West German Heat Insulation Research Institute report on thermal conductivity

of roof Germany

Examples of types of heat insulation prescribed by law in the Federal Republic of Germany

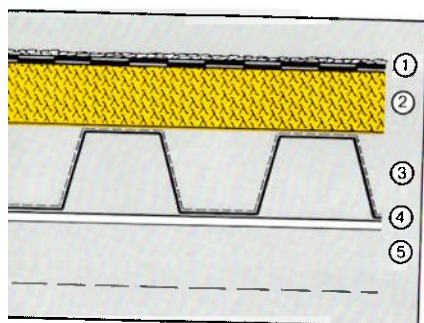
Non-ventilated flat roofs



- ① Gravel surfacing
- ② 3-layer roof seal
- ③ Baymer thermal insulating layer
density $\cong 30 \text{ kg/m}^3$
- ④ Vapour barrier and vapour pressure reducing layer
- ⑤ Bitumen precoat
- ⑥ Reinforced concrete ceiling

No.	Thickness d [cm]	Optimum measured value as per DIN 52612 λ_{10tr} [W/(K · m)]	Calculated value as per DIN 4108 λ_R [W/(K · m)]	Optimum measured value as per DIN 52612 d/λ_{10tr} [m ² K/W]	Calculated value as per DIN 4108 d/λ_R [m ² K/W]
②	1.0	0.16	0.16	0.062	0.062
③	7.0	0.019	0.030	3.684	2.333
④	0.5	0.16	0.16	0.031	0.031
⑥	18.0	2.03	2.03	0.089	0.089
Thermal resistance 1/Λ			[m ² K/W]	3.866	2.515
Heat transmission resistance 1/α _{i+a}			[m ² K/W]	0.17	0.17
Resistivity to heat 1/k			[m ² K/W]	4.036	2.685
Heat transition coefficient k			[W/m ² K]	0.25	0.37

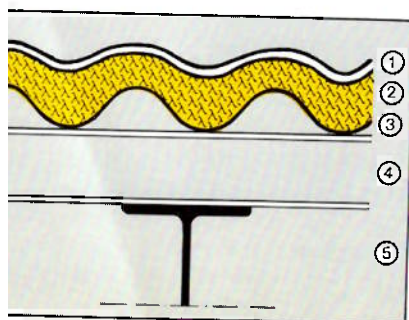
Steel trapezoidal section roofs



- ① 3-layer roof seal
- ② Baymer thermal insulating layer
- ③ Bitumen precoat
- ④ Steel trapezoidal sections
- ⑤ Substructure

No.	Thickness d [cm]	Optimum measured value as per DIN 52612 λ_{10tr} [W/(K · m)]	Calculated value as per DIN 4108 λ_R [W/(K · m)]	Optimum measured value as per DIN 52612 d/λ_{10tr} [m ² K/W]	Calculated value as per DIN 4108 d/λ_R [m ² K/W]
①	1.0	0.16	0.16	0.062	0.062
②	8.0	0.019	0.030	4.211	2.667
Thermal resistance 1/Λ			[m ² K/W]	4.273	2.729
Heat transmission resistance 1/α _{i+a}			[m ² K/W]	0.17	0.17
Resistivity to heat 1/k			[m ² K/W]	4.443	2.899
Heat transition coefficient k			[W/m ² K]	0.23	0.34

W-tooth roof with sprayed-on thermal insulation



- ① UV protective coat
- ② Baymer sprayed-on foam, applied in situ,
density = $60 \pm 10 \text{ kg/m}^3$
- ③ Asbestos-cement corrugated sheeting
- ④ Steel purlins in the form of U-profiles
- ⑤ Roof frame

No.	Thickness d [cm]	Optimum measured value as per DIN 52612 λ_{10tr} [W/(K · m)]	Calculated value as per DIN 4108 λ_R [W/(K · m)]	Optimum measured value as per DIN 52612 d/λ_{10tr} [m ² K/W]	Calculated value as per DIN 4108 d/λ_R [m ² K/W]
②	6.0 (avge)	0.019	0.030	3.158	2.000
③	0.65	0.35	0.35	0.019	0.019
Thermal resistance 1/Λ			[m ² K/W]	3.177	2.019
Heat transmission resistance 1/α _{i+a}			[m ² K/W]	0.17	0.17
Resistivity to heat 1/k			[m ² K/W]	3.347	2.189
Heat transition coefficient k			[W/m ² K]	0.30	0.46

Baymer slabs

For non-ventilated roofs

One of the toughest jobs for an insulating material is when it is used on a non-ventilated roof. The selection of a particular insulating material can therefore only be made on the basis of the loads to which the insulation will be subjected during laying and during many decades of subsequent use. The most frequently used insulating materials for non-ventilated flat roofs are rigid polyurethane foam slabs. They are particularly suitable for this application:

- They have short-term thermal stability up to $+250^{\circ}\text{C}$ and can therefore be laid in hot bitumen
- They are resistant to moisture
- They can be supplied in many forms.

Baymer slabs are produced in many sizes and with a variety of facings. Slabs for sloping roofs, slit slabs for curved roof areas and various moulded sections for roof edging are also available. Thus Baymer slabs are extremely versatile in their application.

Baymer can be used for non-ventilated roofs, no matter what their degree of slope, their shape and size, or the use to which they are put.

Examples

- Flat roofs with and without gravel surfacing. Baymer slabs can be used regardless of the roof sealing material.
- Terrace roofs and grassed areas.
- Saw-tooth roofs and the like, e.g. hyperbolic paraboloid concrete shell roofs.
- Steep-pitched roofs.

Laying

Baymer insulating slabs are laid in the same way as other conventional insulating materials. Thus there are two possible laying methods:

1. Loose laying
2. Hot bitumen bonding.

In order to prevent thermal bridges where there is only a single layer of insulating slabs, slabs with stepped edges should be used.



Build-up of layers on a non-ventilated flat roof

Where there are openings in the roof in the shape of roof lights, light domes, ventilators and chimneys, the ease with which Baymer can be cut to size with simple tools has proved to be a great advantage. Sections can speedily be cut to fit.

Forms supplied

Slabs

in various sizes and densities
from 2 to 10 cm thick
with or without stepped edges

Slabs can be supplied either with lamination, laminated with identical facings on each side, or with different facings on each side.



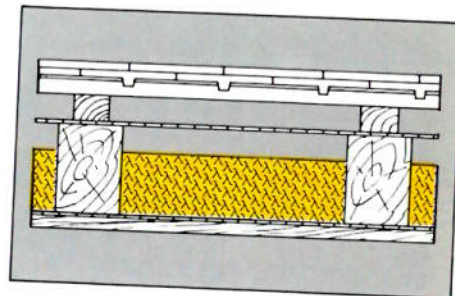
For ventilated roofs

The preferred type of roof for apartment buildings and houses is the steep-pitched roof. In order to ensure optimum exploitation of space, a complete attic is often included in new buildings or, in the case of old buildings, is incorporated into the living area during the course of modernization. Baymer slabs are suitable for both these applications.

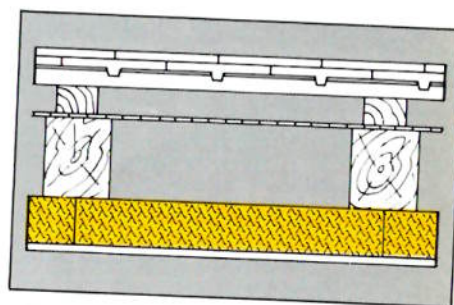
Insulating methods

1. Laying between rafters. With this method of laying, which can be used in old as well as new buildings, it is essential that an interspace of at least 4 cm is provided for ventilation.
2. The method whereby the slabs are fixed on the inside walls of a room is preferred in the case of old buildings.
3. If there is not sufficient space for ventilation, slabs with stepped edges can be used in such a way that the insulating slab lies partly between the rafters and partly on the rafters, thus enabling it to be installed from the inside of the room.

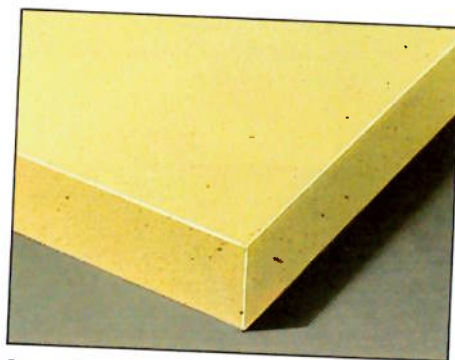
Insulation of attics



Heat insulation laid between rafters



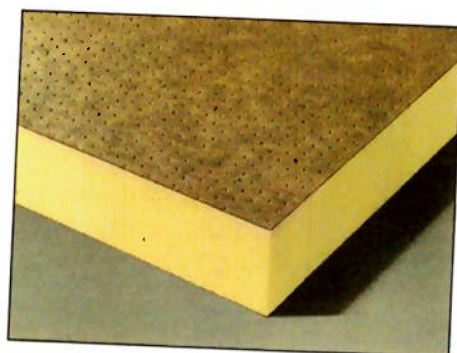
Baymer heat insulating slabs laid below the rafters. They are surfaced with plasterboard.



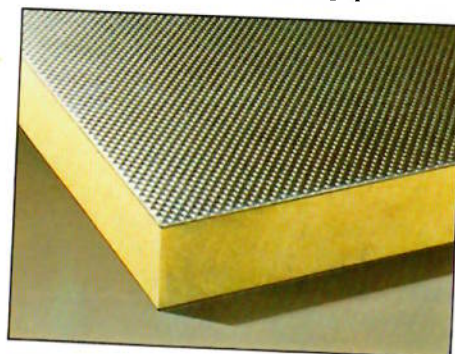
Unlaminated Baymer insulation



Baymer laminated with kraft paper



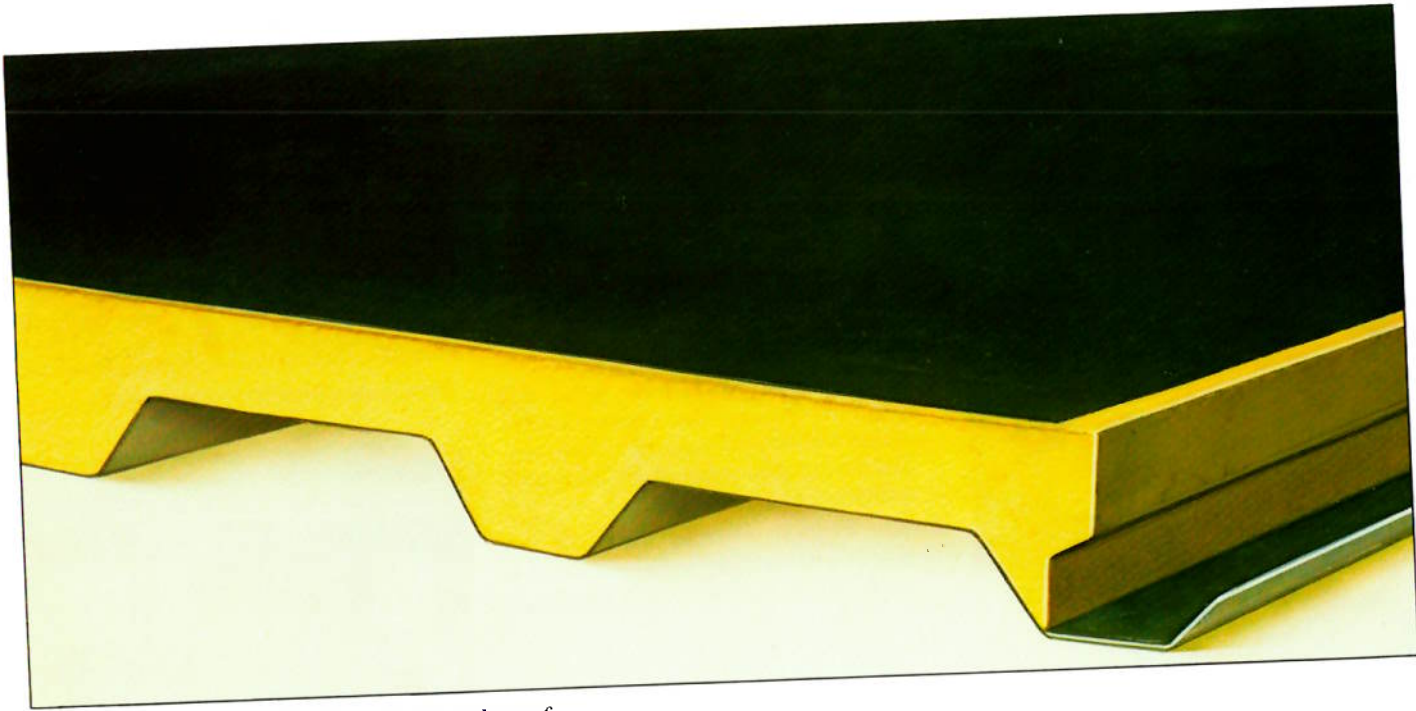
Baymer laminated with bituminized paper



Baymer with a coating of metal foil

Without facings
Bituminized
Kraft paper
Special paper
Nonwoven glass fabric
Facings impervious to diffusion (metal foil)
Roofing felt.
Laying sections
Laid lengths
Slabs for sloping roofs etc.

Baymer sandwich sections



A Baymer sandwich section for a light-weight roof

Depending on their design and the system used, Baymer sandwich sections can be laid on flat or steep-pitched roofs. All Baymer sandwich sections feature a high degree of prefabrication, a tried and tested physical structure, and are easy to work with. Thus they permit efficient, economical and high-quality construction in various fields of application.

The design of sandwich sections for light-weight roofs

1. Facings

Trapezoidal profiled steel or aluminium sheet is the established material for the load-bearing parts of sandwich sections. The facings may be pretreated or coated as required.

2. Thermal insulation

Baymer sandwich sections are characterized by their optimal thermal insulation capacity. During the continuous production process, facing and insulating material are combined to produce a single unit, without the need of mechanical aids.

3. Roof sealing

The sandwich sections are already sealed in the factory. Rubber sheeting – in combination with asbestos fibre sheet – and plastics sheeting are available for roof sealing.



Fixing the light-weight sandwich section in place on steel joists

Field of application

Sandwich sections for light-weight roofs can be fixed in place on concrete, steel or wooden structures. Thus the field of application encompasses all types of industrial building, such as production shops, warehouses, workshops, cold-stores etc.

Properties

- The high degree of prefabrication of these elements ensures rapid installation regardless of weather conditions.
- The variable thickness of the insulating material ensures that all thermal protection requirements are satisfied.
- Since the thickness of trapezoidal section sheet is variable, the sections can to a large extent be made to conform to static requirements. The stiffness of the sections is considerably increased as a result of being integrally moulded to the insulating material. Hence distance between joists can be as much as 7.5 m.
- The upper facing is characterized by high tensile strength at break, its elasticity and a high degree of reflection.
- Because of the integrally moulded steel profiles, Baymer sandwich sections are impervious to water vapour diffusion.

The design of sandwich sections for steep-pitched roofs

1. Chipboard

The lower, flush joint is formed by chipboard. With this architecturally perfect surface on the inside of the room space, the attic itself is already practically complete. The tightly butted roof sections offer a smooth, flat lower surface and can be papered, painted or faced as desired.

2. Pinewood laths

The laths are treated with wood preservative and nailed and glued to the chipboard. The board, together with the wooden laths, forms the load-bearing element. Rafters can be dispensed with.

The chipboard and the four longitudinal pinewood laths give the element a high load-bearing capacity.

3. Thermal insulation

The insulating foam is introduced between the wooden laths. Since the insulation thickness can be varied as

required, steep-pitched roofs can be provided with the optimum insulation for each particular case.

Sandwich sections for the insides of roofs

A series of further Baymer-insulated sandwich sections suitable for fixing to the insides of roofs in old or new buildings is also on the market. Rigid facings such as chipboard, plasterboard, wooden panelling and the like can be used to produce a finished surface or one which can be papered or painted.



Fixing the purlin framework



A sandwich section insulated with Baymer for a sloping roof



Self-supporting roof sections are laid on top of the purlin framework



A steep-pitched roof with Baymer-insulated sandwich sections

Baymer DS-1 spray-on foam for roofs

Insulating and sealing in one operation

In addition to moulded sections and slabs, the raw materials can also be applied by spraying in the form of in-situ foam. Baymer DS-1 spray-on foam for roofs was developed in order to be able to simultaneously heat-insulate and seal flat roofs. One of the special features of this in-situ polyurethane foam system is that it provides outstanding heat insulation together with effective sealing properties. This fact has opened up a wide range of applications for Baymer.

Method

The foaming machine is installed in a specially adapted lorry, from which the two components (A+B) are pumped to the spray gun through long, heated hoses. The mixture is precisely metered as it is sprayed onto the substrate. There it expands within seconds, without dripping, and cures to form a stable, jointless layer of insulation.

Several layers of Baymer DS-1 spray-on foam are applied to the substrate which is dry, clean and free of loose dirt. The excellent bonding between the various layers gives a jointless and split-free covering of foam. Only in exceptional cases is a vapour barrier necessary below the layer of foam.

Properties

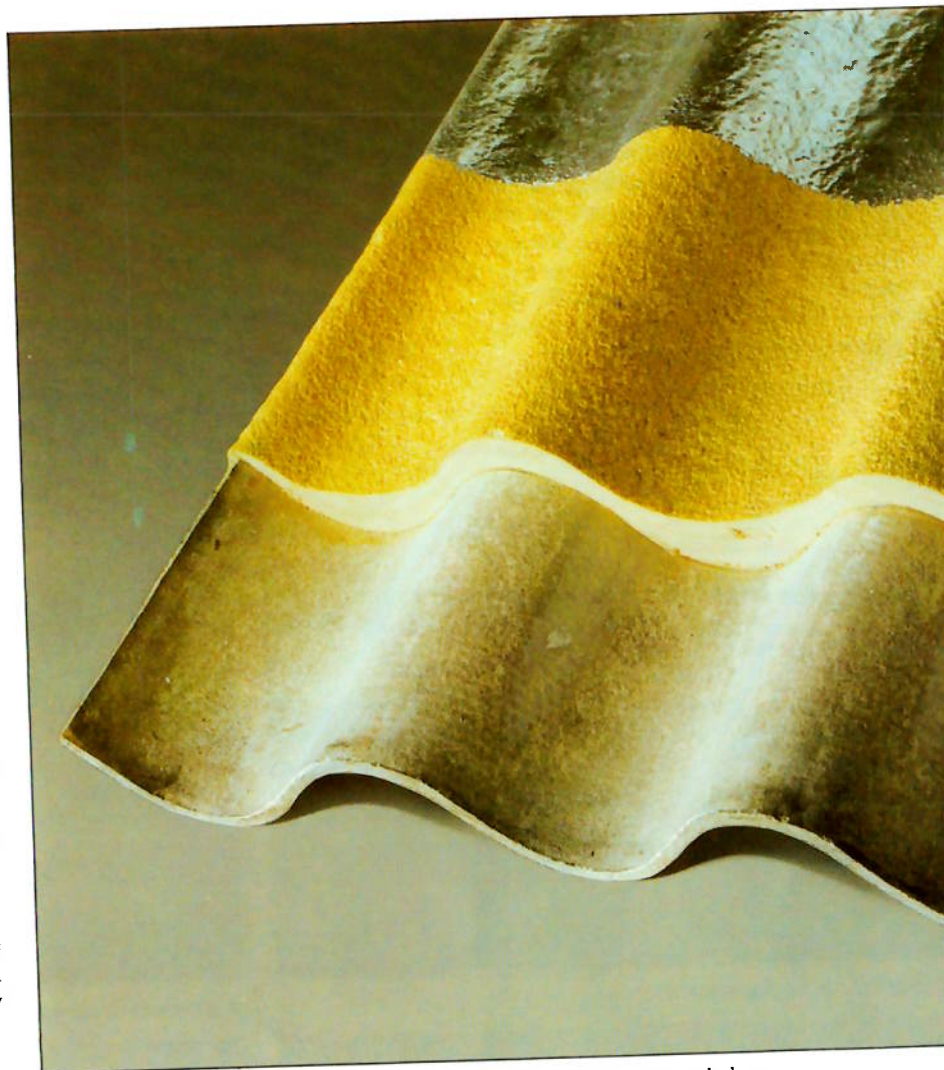
- Baymer not only has a high degree of insulating effectiveness (calculated value for thermal conductivity as per DIN 1859, Part 1 and Supplement to the calculated values for thermal conductivity of DIN 4108: $\lambda_R = 0.030 \text{ W/(K} \cdot \text{m)}$), but also makes it possible to seal a roof at the same time.
- The continuous layer produced by spraying is watertight, but does not prevent the diffusion of water vapour.
- The material can be sprayed onto practically any firm and dry substrate, such as tar paper or bituminized board, concrete, plaster, asbestos cement, wood, chipboard, sheet metal etc.

- Whereas with conventional built-up roofs the overlap is very often the cause of moisture penetration, roofs insulated by the spray method eliminate all problems at these critical areas, since the insulating layer is seamless. The same applies to flashing, which is produced simultaneously with the application of the Baymer spray-on foam insulation. Thus the areas around chimneys, pipes, light domes etc. require no additional tinman's work.

- Baymer's light weight (it has a density of 60 kg/m^3) causes no static problems.
- One of the main arguments in favour of sprayed-on roofs is the speed of working. Given favourable conditions and no production stoppages, the roof of a hall measuring approx. $1,000 \text{ m}^2$ in area can be insulated with Baymer DS-1 spray-on roof foam in one day.

Uses

Baymer DS-1 spray-on foam can be used for all commercial factory roofs, for ven-



Baymer DS-1 spray-on roof foam on asbestos-cement corrugated sheet



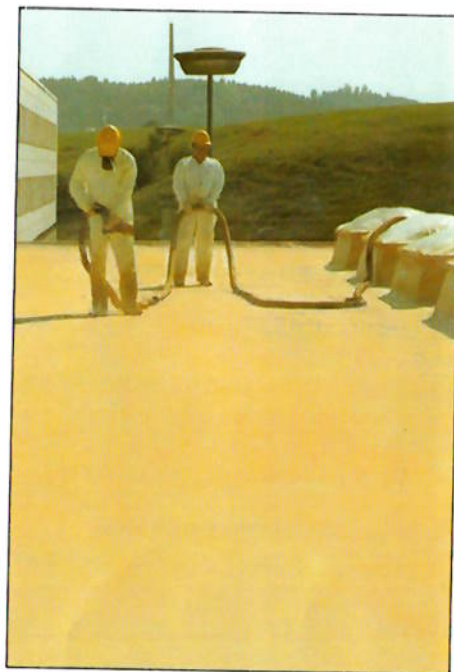
ted and non-ventilated roofs, flat or
oping roofs, terrace roofs, roof gardens,
ulti-storey car parks and so on, depend-
g on the economic criteria in each case.
e renovation of old buildings is a par-
cularly interesting field of application
r Baymer DS-1 spray-on foam, since it
n be sprayed on without first removing
e old built-up roof.

cence

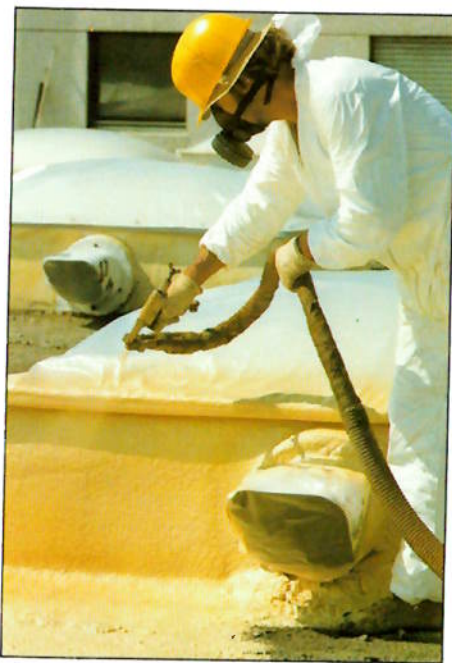
proved for building purposes in the
deral Republic of Germany by the
stitute of Building Technology, Berlin:
ence no. Z 23.52



Jointless application of Baymer DS-1 spray-on roof foam is possible on any dry substrate



Baymer DS-1 spray-on roof foam is applied in several layers, one on top of the other, to give a jointless surface



As the insulating layer is seamless, there are no problems with regard to flashing around roof mounting frames, for example



The insulating layer can be covered with a gravel filling (grain size 16/32 mm), or a protective coating based on Desmodur E 22

Further areas of application for Baymer

Façades

Ventilated curtain walls,
Thermal insulation of cavity masonry walls,
Core insulation in walling stone,
Heat insulating sandwich sections.

Interior work

Attic walling,
Floors on subsoil,
Outer walls of basements,
Basement floors,
Insulating external walls from the inside,
For the topmost floor where the attic is not habitable,
Service wall sections and sanitary cells.

Renovation of old buildings

All the applications already mentioned above under "Façades" and "Interior work".

Technical insulation

Pipes,
Laminated and unlaminated half-sections for pipe carrying hot or cold media.

Plant construction

Cut sections or on-site foam for insulating gas holders, water storage tanks, storage and transportation tanks for liquefied gases.

Refrigeration

Transportation: refrigerated containers, refrigerated lorries, refrigerated waggons;
Storage: cold stores, refrigerating cells.

Special applications

Automotive industry: e.g. insulation of caravans,
Insulation of ships.

Bayer AG, Division PU
D-5090 Leverkusen

Bayer



Our technical advice – whether verbal, in writing or by way of trials – is given in good faith but without warranty, and this also applies where proprietary rights of third parties are involved. It does not release you from the obligation to test the products supplied by us as to their suitability for the intended processes and uses. The application, use and processing of the products are beyond our control and, therefore, entirely your own responsibility. Should, in spite of this, liability be established for any damage, it will be limited to the value of the goods delivered by us and used by you. We will,

of course, provide products of consistent quality within the scope of our General Conditions of Sale and Delivery; this does not apply to Trial (PU) Products. The procedures described in this information sheet relating to the fire performance of polyurethane, and the results given, do not admit of any immediate conclusions regarding possible fire risks which may occur during actual use.

Order-No.: PU 51096 e · Edition: 3.80 E 7 - 890/847372
Printed in Germany



Rigid polyurethane foam in refrigerated transport

Raw material basis: Baytherm® and Baymer®

Bayer 



Filling a cavity with foam



A refrigerated trailer insulated with polyurethane foam and used for the transportation of perishables

Save energy – cut transportation costs

Highly perishable goods like foodstuffs and special pharmaceutical products often have to be transported over great distances for lengthy periods. The quality of refrigerated merchandise and the economies of its transportation depend to a large extent on the quality of the insulation.

High insulation value, diffusion resistance and hygiene

Refrigeration temperatures of between +12°C and -35°C must be maintained at a constant level even when outside temperatures vary a great deal. Atmospheric conditions inside cold stores must also be ideal. High insulation values, structures which are impervious to diffusion, and hygiene are among the most vital factors here. Different forms of transport on land, water and in the air all require a suitable form of insulation which can be efficiently installed. Light weight, a high

loading capacity and ease of unloading are essential if the quality of the cargo is to be guaranteed and transportation costs reduced.

Rigid polyurethane foam – the insulating material for refrigerated transport

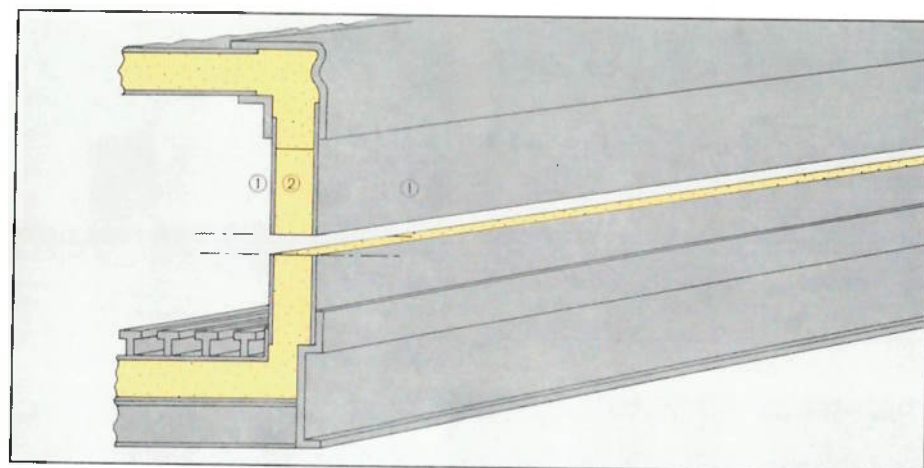
Rigid polyurethane foams based on Baytherm and Baymer satisfy all these requirements.

As it cures, the expanding polyurethane reaction mix forms a strong, permanent bond with practically all types of facing to produce sandwich panels free of thermal bridges. In this way the rigid polyurethane foam functions both as a supporting core and as a layer of insulating material. The constant vibrations and shocks encountered during transportation make stability an essential requirement, and one which the dual function of the foam fully satisfies.

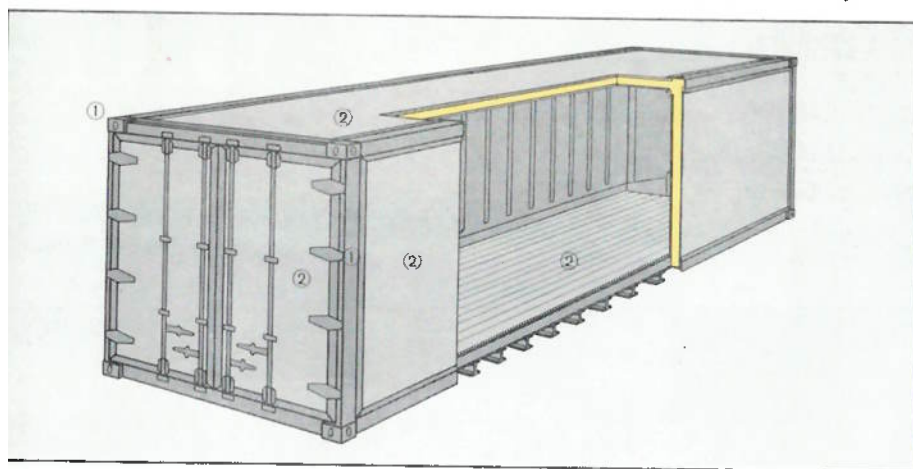
Requirements

Physical and technical requirements	Demands on the insulating material	Properties of rigid polyurethane foam
Insulating efficiency Insulation combining optimum economy with guaranteed maintenance of low temperatures and the prevention of other factors detrimental to the quality of the goods transported.	Very low thermal conductivity in order to ensure optimum economy (maximum payload space) with minimum insulation thickness.	The thermal conductivity is dependent on the cell gas. Optimum insulating efficiency ensures thin layers of insulation and maximum payload space.
Thermal behaviour Ability to withstand widely differing temperatures and temperature fluctuations.	A wide range of service temperatures. Heat stability and no embrittlement at low temperatures.	Permanent service temperature from -50°C bis $+110^{\circ}\text{C}$. Dimensional stability guaranteed even with permanent exposure to heat and cold.
Behaviour towards moisture Reliable protection against condensation water and ice.	Hydrophobic properties; must combine well with metal facings to produce panels (and joints) which are impervious to diffusion.	Proportion of closed cells: approx. 95 % Water absorption of cut foam specimens: 1–3 % by vol. Diffusion resistance factor $\mu = 50\text{--}100$.
Mechanical properties Good resistance to deformation and vibrations.	Good compressive strength, dimensional stability and an efficient connecting system.	Excellent mechanical strength data with high torsional stiffness and dimensional stability.
Installation Economical and reliable installation in all containers, vans and railway wagons and other forms of refrigerated transportation. Accurate, seamless joining.	Lightweight materials allowing simple and dimensionally accurate installation. Must be suitable for different insulation techniques.	Light weight. High dimensional accuracy in prefabricated building sections. Cavity foaming gives a frictional bond with all types of facings and inserts. A wide variety of cost-effective installation systems available.

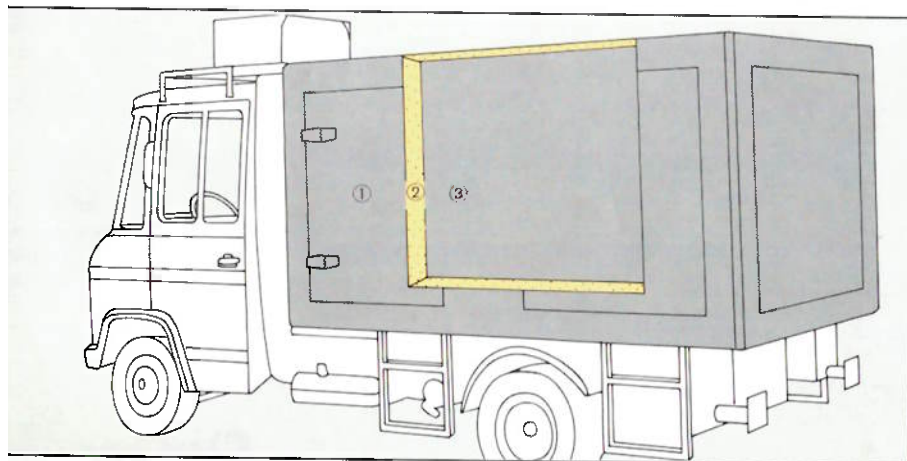
Examples of insulation for refrigerated transport



Vertical section through the side wall of a refrigerated container complying with ISO TC 104 LB 386 regulations and insulated with poured rigid polyurethane foam



A 20 ft refrigerated container of frame construction complying with ISO TC 104 regulations. The rigid polyurethane foam insulation in the sandwich panels is shown in yellow



Refrigerated delivery vans of various sizes complying with ISO TC 104 are used for the transportation of meat and other foodstuffs

Structure:

- ① Sheet metal facing
- ② Poured rigid PU foam frictionally bonded to both facings

Structure: frame construction

- ① Container framework consisting of steel sections with cast steel corner fittings
- ② Side walls, roof, end walls and floor made of prefabricated rigid polyurethane foam sandwich panels

Structure:

- ① External GRP facing with vapour barrier
- ② Rigid PU foam sandwich panels
- ③ GRP facing

Typical applications

Rigid polyurethane foam is either injected directly into the space between two facings, where it expands, or installed in the form of insulating slabs of various sizes, thicknesses and densities.



Refrigerated container



Refrigerated railway waggon



Refrigerated delivery van

Bayer AG
Polyurethanes Business Group
D-51368 Leverkusen

This information and our technical advice – whether verbal, in writing or by way of trials – are given in good faith but without warranty, and this also applies where proprietary rights of third parties are involved. Our advice does not release you from the obligation to verify the information currently provided – especially that contained in our safety data and technical information sheets – and to test our products as to their suitability for the intended processes and uses. The application, use and processing of our products and the products manufactured by you on the basis of our technical advice are beyond our control and, therefore, entirely your

own responsibility. Our products are sold in accordance with the current version of our General Conditions of Sale and Delivery; this does not apply to Trial (PT) Products. The methods described in this publication for testing the fire performance of polyurethane, and the results quoted, do not permit direct conclusions to be drawn regarding every possible fire risk there may be under service conditions.

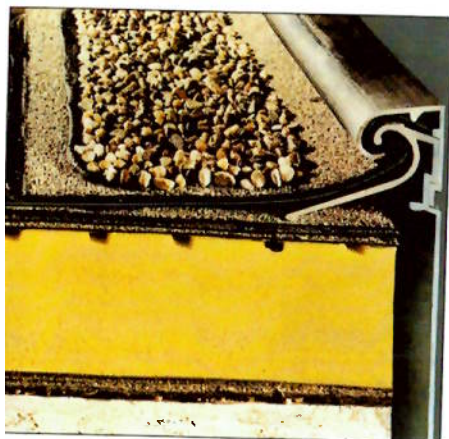
Order no.: PU 51141e · Edition: 2/96
Printed in Germany · E 6 8003093 032/2

Bayer 

Aislamiento económico de cubiertas planas con espuma rígida de poliuretano (PUR)



Materia prima: ® Baymer



Cubierta "caliente" - Esquema de estructura



Cubierta "caliente" - cubierta plana

Las cubiertas planas, formas de techado imprescindibles y económicas

Cada año se construyen en la República Federal de Alemania unos 25 millones de metros cuadrados de cubierta plana.

Razones:

- reducido peso
- óptimo aprovechamiento del espacio
- sencilla colocación
- arquitectura funcional

Funciones y características

La cubierta plana tiene que asumir, no sólo funciones físicas, de construcción, sino también económicas:

- óptimo ahorro de energía
- colocación racional y económica
- regulación térmica adecuada a la estructura
- protección frente al agua de condensación
- protección frente a la humedad de precipitaciones
- compensación de tensiones en la estructura de la cubierta.

Estos requisitos sólo pueden lograrse plenamente con materiales aislantes de alta calidad. De la calidad técnica de un aislamiento de cubierta plana depende absolutamente la funcionalidad de un edificio.

Las exigencias impuestas a una cubierta plana revelan que la capacidad aislante no es decisiva por sí sola, sino que lo realmente importante es la suma de todas las propiedades del material. La espuma rígida de poliuretano (PUR), a base del producto ® Baymer, es uno de los pocos sistemas aislantes cuyo cuadro de prestaciones satisface los requisitos que se imponen a una cubierta plana.

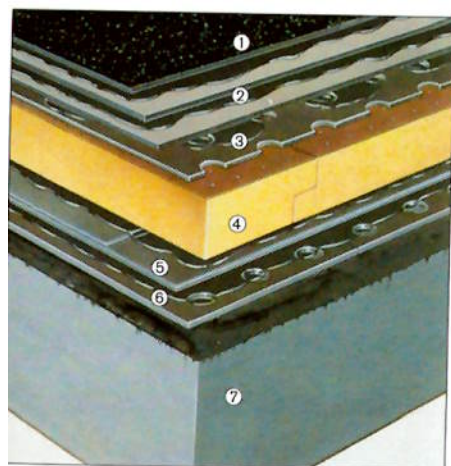
Poliuretano
material aislante de construcción

Perfil de condiciones

Exigencias relativas a la física y técnica de la construcción	Requisitos impuestos al material aislante	Propiedades de la espuma rígida de poliuretano (PUR)
Capacidad aislante Obligación de aislamiento térmico según DIN 4108, de conformidad con la Ley de Ahorro Energético y el Decreto sobre Protección Térmica (en la R.F.A.). Confort térmico en verano e invierno; protección de la estructura frente a las tensiones causadas por los cambios de temperatura, deformaciones y agua de condensación.	Empleo de aislantes dotados de conductibilidad térmica extremadamente baja y capaces de conservar durante decenios su eficacia aisladora. Valor de cálculo para la conductibilidad térmica según DIN 4108, ensayo según DIN 52612 (Norma para el ensayo de materiales aislantes a base de espuma rígida).	Coeficientes de conductibilidad térmica: Valor promedio de medición, según DIN 52612: λ_{10tr} = hasta 0,019 W/(m · K), a una temperatura media de +10°C; Grupos de conductibilidad térmica: 020, 025, 030 y 035.
Comportamiento térmico Protección frente a los procesos de cambio térmico debidos a climas con variaciones diarias de temperatura hasta de 75°C y anuales hasta de 110°C. Durante corto tiempo, alta capacidad de resistencia y estabilidad cuando se trabaja con betún caliente.	Intervalo térmico de aplicación: entre -40°C y +100°C; por corto tiempo, hasta +250°C. Reducido coeficiente de dilatación.	Tipos standard: Estabilidad térmica permanente desde - 50°C hasta + 110°C Estabilidad térmica por corto tiempo (estabilidad al betún caliente) hasta + 250°C Tipos especiales: Estabilidad térmica permanente desde - 200°C hasta + 150°C
Clasificación de técnica ignífuga En virtud de la clasificación del material según DIN 4102 y el correspondiente comportamiento en caso de incendio.	Categoría de material de construcción B1 ó B2, con certificado de ensayo, PA III.	Para la cubierta plana se ofertan las categorías*) de material B1 y B2.
Propiedades mecánicas Capacidad de carga mecánica al ser transitado por personas. Elevada capacidad de carga en el caso de terrazas. Máxima capacidad de carga en las cubiertas de aparcamientos.	Sistemas aislantes que satisfacen las condiciones de resistencia mecánica impuestas en cada caso.	Exactitud y estabilidad dimensionales, resistencia a la torsión. Tensión de compresión para un 10% de recalado: tipo WD 0,10 N/mm ² tipo WDS 0,15 N/mm ² Resistencia a la flexión 0,2-0,4 N/mm ² Resistencia a la tracción 0,2-0,3 N/mm ²
Comportamiento a la humedad Resistentes a la humedad en casos de estanqueidad deficiente o difusión del vapor acuoso.	Materiales aislantes con celdillas (alvéolos) cerradas y muy reducida absorción acuosa. Capas de cobertura estancas a la difusión.	Porcentaje de celdillas cerradas: aprox. 95% Penetración de agua, máx.: 2-5% en vol. Factor de resistencia a la difusión: μ = 30-100
Comportamiento químico Estabilidad frente a los productos químicos agresivos durante la aplicación y en la propia obra.	Amplia resistencia a los agentes químicos normales en la construcción. Estabilidad a los medios agresivos.	Muy estable a los disolventes, plastificantes, carburantes, aceites minerales, ácidos y álcalis diluidos (productos todos ellos corrientes en la práctica), humos y gases de escape, ambiente: industriales agresivos, etc.; idóneos para cubiertas estanqueizadas con láminas.
Comportamiento biológico Resistencia a los hongos, microbios y raíces de plantas.	Buena estabilidad biológica. Ensayo según DIN 53930-32 y DIN 4062.	Estables a los hongos y microbios; imputrescibles e inmohecibles, de olor neutro, fisiológicamente inocuos. También son resistentes a la penetración de las raíces y, por lo tanto, aplicables en la construcción de terrazas ajardinadas.
Aplicación Económica colocación de las planchas aislantes, sin puentes de frío ni causas de defectos.	Aislantes livianos. Pueden trabajarse con herramientas convencionales, para un montaje exacto.	Reducida densidad aparente: 27 kg/m ³ . Puede cortarse, aserrarse, taladrarse con exactitud de medida y herramientas convencionales. Adecuado para betún caliente.

*) Estos datos rigen solamente en la República Federal de Alemania. Fuera de ella es preciso tener en cuenta las clasificaciones según las leyes y normas nacionales además del Baymer, espumas rígidas a base de Baytherm.

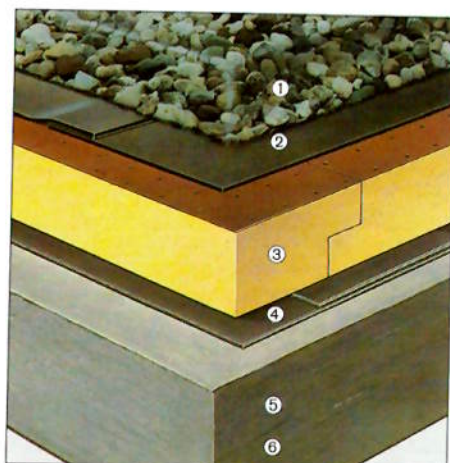
Ejemplos de construcción



Cubierta "caliente" bituminosa

Datos físicos de la construcción

Espesor del aislamiento de espuma rígida PUR, en mm	1/λ m ² ·K/W	1/k m ² ·K/W	k W/m ² ·K
40	1,51	1,68	0,595
50	1,84	2,08	0,487
60	2,18	2,35	0,425



Cubierta "caliente", con cobertura de láminas

Datos físicos de la construcción

Espesor del aislamiento de espuma rígida PUR, en mm	1/λ m ² ·K/W	1/k m ² ·K/W	k W/m ² ·K
40	1,57	1,74	0,574
50	1,9	2,07	0,483
60	2,24	2,41	0,415

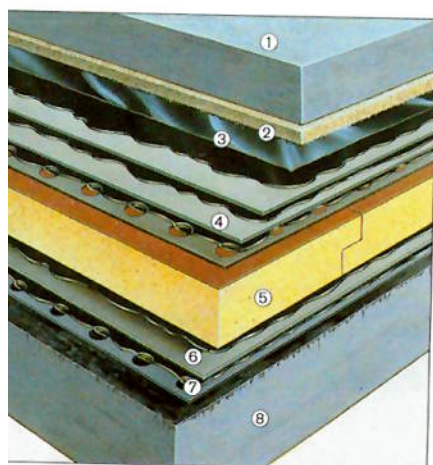
Estructura por capas, de arriba abajo:

Cubierta caliente bituminosa

- ① Banda de cubierta, con gravilla esparcida
- ② Bandas bituminosas
- ③ Capa de igualación
- ④ Planchas aislantes, de PUR
- ⑤ Barrera de vapor
- ⑥ Capa de igualación
- ⑦ Hormigón con pintura previa

Cubierta caliente con cobertura de láminas

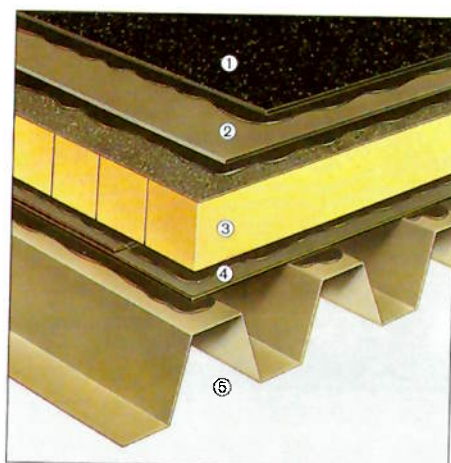
- ① Gravilla
- ② Lámina
- ③ Planchas aislantes de PUR
- ④ Barrera de vapor
- ⑤ Capa de igualación
- ⑥ Hormigón



Cubierta de "parking"

Datos físicos de la construcción

Espesor del aislamiento de espuma rígida PUR, en mm	1/λ m ² ·K/W	1/k m ² ·K/W	k W/m ² ·K
40	1,84	2,01	0,498
50	1,93	2,1	0,476
60	2,27	2,44	0,41



Cubierta liviana

Datos físicos de la construcción

Espesor del aislamiento de espuma rígida PUR, en mm	1/λ m ² ·K/W	1/k m ² ·K/W	k W/m ² ·K
40	1,39	1,36	0,64
50	1,72	1,89	0,529
60	2,06	2,23	0,448

Estructura por capas, de arriba abajo:

Cubierta de "parking"

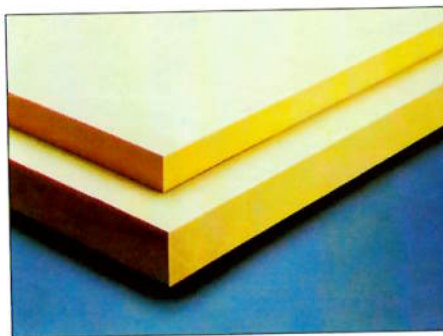
- ① Pavimento transitable
- ② Capa deslizante
- ③ Capa intermedia
- ④ Impermeabilizado bituminoso con capa de igualación de la presión del vapor
- ⑤ Planchas aislantes de PUR
- ⑥ Barrera de vapor
- ⑦ Capa de igualación
- ⑧ Hormigón, con pintura previa

Cubierta liviana

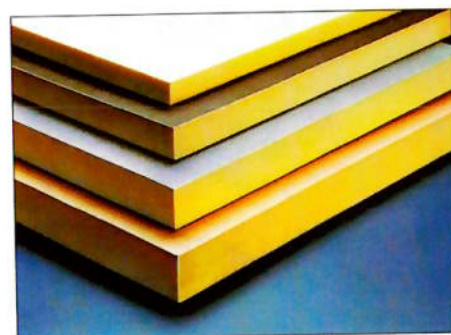
- ① Banda de cubierta, con gravilla
- ② Bandas bituminosas
- ③ Banda aislante PUR
- ④ Barrera de vapor
- ⑤ Chapa ondulada trapezoidal

Productos y formas de suministro

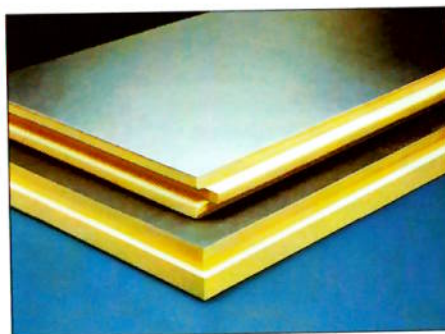
Las planchas aislantes de espuma rígida PUR se suministran en diversas medidas, espesores y formas de canteado. Según el sector de aplicación, pueden adquirirse también con revestimientos diversos.



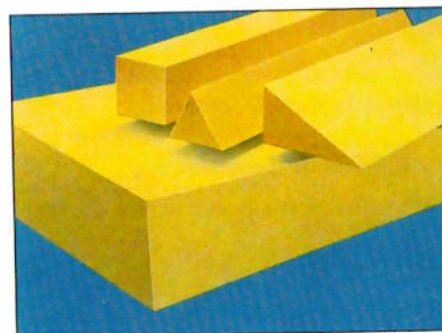
Planchas aislantes, sin forrar



Planchas aislantes, forradas



Planchas aislantes, con diversos canteados



Perfiles especiales



Planchas con declive

Bayer AG, División PU, Ventas H
D-5090 Leverkusen

Bayer 

Bayer AG produce y suministra los sistemas de materias primas Baymer y Baytherm. Los correspondientes fabricantes o transformadores asumen la responsabilidad por lo que respecta a la espuma rígida de poliuretano fabricada, como material aislante y de construcción, a base de estas materias primas.

Nuestro asesoramiento técnico de aplicación, ya sea verbal, por escrito o mediante ensayos, se realiza según nuestro leal saber y entender, pero debe considerarse sólo como indicación sin compromiso, también por lo que respecta a posibles derechos de propiedad industrial de terceros; no exime al cliente del examen propio de los productos suministrados por nosotros con el fin de verificar su idoneidad para los procedimientos y fines previstos. La aplicación, el empleo y la transformación de los productos se llevan a cabo fuera del alcance de nuestras posibilidades de control, siendo, por tanto, de la exclusiva responsabilidad del cliente. Si, no obstante, hubiera de considerarse alguna responsabilidad por parte nuestra, ésta se limitará,

para cualesquiera daños y perjuicios, al valor de la mercancía suministrada por nosotros y empleada por el cliente. Se garantiza que garantizamos la intachable calidad de nuestros productos de conformidad con nuestras Condiciones generales de Venta y Suministro; esto, sin embargo, no se refiere a los «productos de ensayo» (PU). Los métodos que en este folleto se describen, para ensayar el comportamiento ignífugo del poliuretano, y los resultados se detallan, no permiten extraer consecuencias directas sobre todos y cada uno de los riesgos posibles en la práctica.

Nº de pedido: PU 51128 esp • Edición: 11. 83 • S 27-8123/85



Aislamiento económico en la construcción de pabellones y naves industriales mediante espuma rígida de poliuretano (PUR)



Construcciones de tejados ligeros

Materia prima: © Baymer



Montaje de un tejado ligero



Edificio industrial con tejado ligero prefabricado

Los tejados ligeros de las naves industriales imponen máximas exigencias con respecto a la rentabilidad, al nivel de construcción y a la calidad de los materiales

Las grandes plantas destinadas a la producción y al almacenaje, los edificios administrativos, comerciales e industriales, las naves de exposición, los pabellones de ferias, escuelas, pabellones de deportes, etc., sólo pueden construirse hoy día teniendo en cuenta criterios de máxima rentabilidad y economía. Esto requiere - pese a las altas exigencias técnicas - sistemas constructivos basados en planos "flexibles", con amplias distancias entre apoyos; tienen que garantizarse, además, un montaje económico, la ausencia de mantenimiento a largo plazo y un óptimo aislamiento térmico.

Ahora bien, todos estos requisitos sólo podrán cumplirse si se utilizan materiales aislantes, de alta calidad, o elementos "sandwich" prefabricados para tejados ligeros. Sin embargo, como lo demuestran las exigencias impuestas en la construcción de tejados ligeros, no sólo es decisivo el poder

aislante del material utilizado, sino que reviste importancia la suma de todas sus propiedades.

La espuma rígida de poliuretano (PUR) a base de las materias primas denominadas Baymer es uno de los pocos materiales aislantes, cuyas propiedades satisfacen las exigencias físicas, estáticas y constructivas impuestas a los más diferentes tipos de tejados ligeros, garantizando a la vez una rentabilidad muy alta.

Tipos de tejados ligeros:

- Tejados ligeros planos, de una sola coquilla, con perfiles trapezoidales de acero, contruidos por el método convencional (estructura por capas)
- Tejados ligeros planos, de una sola coquilla, con elementos tipo sandwich a base de perfiles trapezoidales, núcleo aislante de espuma y cubierta estanqueizante
- Tejados ligeros contruidos en madera
- Tejados ligeros de dos coquillas, contruidos a base de planchas aislantes autoportantes, para naves industriales
- Tejados tipo "shed" (en forma de dientes de sierra) con diferentes cubiertas.

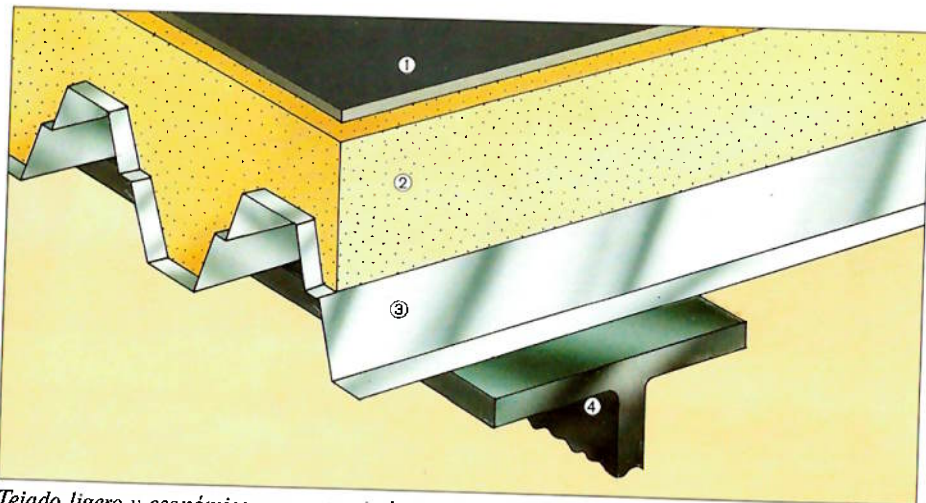
Poliuretano
material aislante de construcción

Catálogo de exigencias

Exigencias físicas y técnicas impuestas a las construcciones	Exigencias impuestas al material aislante	Propiedades de la espuma rígida de poliuretano (PUR)
Poder aislante Exigencia técnica relativa al aislamiento térmico, según la norma DIN 4108, de conformidad con la "Ley de Ahorro Energético" y el "Decreto sobre Protección Térmica" (en la R.F.A.). Alta protección térmica, ya que la construcción posee un bajo poder de acumulación del calor. Protección de la construcción frente a las tensiones debidas al calor o al frío, las deformaciones y el agua de condensación.	Empleo de materiales aislantes de conductibilidad térmica extremadamente baja, cuya eficacia se mantenga inalterada durante decenios y que permitan alturas de construcción particularmente rentables. Valor de cálculo de la conductibilidad térmica según la norma DIN 4108, ensayo según DIN 52 612.	Grupos de conductibilidad térmica: 020, 025, 030; valores óptimos de aislamiento incluso en el caso de pequeñas alturas de construcción, que resulten particularmente económicas.
Comportamiento térmico Protección frente a los cambios de temperatura debidos al clima, con oscilaciones diarias de hasta 75°C y anuales de hasta 110°C; esto especialmente en los tejados que, debido a su inclinación, están expuestos a los rayos intensos del sol. Altas exigencias térmicas por breve tiempo: estabilidad al betón caliente.	Intervalo térmico de aplicación: desde -40°C hasta +100°C; por breve tiempo el material debe resistir temperaturas de hasta +250°C. Bajo coeficiente de dilatación.	Ejecuciones standard: Estabilidad a temperaturas permanentes de uso desde - 50°C hasta + 110°C Estabilidad térmica por breve tiempo (estabilidad al betón muy caliente): hasta + 250°C
Clasificación técnica con respecto a la protección contra incendios Clasificación de los materiales de construcción según DIN 4102 y normas para la aplicación de materiales combustibles en la construcción de edificios.	Clase de material de construcción B1 ó B2, con Certificado de control PA III.	Para la construcción de tejados ligeros se ofrecen materiales pertenecientes a las clases *) B1 y B2.
Propiedades mecánicas Capacidad de carga mecánica en caso de flechas de elementos de gran envergadura; oscilaciones y vibraciones de las construcciones livianas poco estables; tensiones transversales y movimientos "articulados" de los tejados ligeros.	Sistemas de materiales aislantes que cumplan todas las exigencias mecánicas impuestas, especialmente las que resultan en la construcción de naves industriales con amplias distancias entre apoyos. Buena resistencia a la compresión y a las pisadas.	La espuma rígida de poliuretano presenta medidas exactas, rigidez torsional y estabilidad dimensional. Unión mecánica, con arrastre de fuerza, en el caso de elementos aislantes dotado de capas de cobertura rígidas, gracias al pegado que tiene lugar durante la fase de expansión de la espuma. No se precisan las uniones de madera normales ni otros refuerzos semejantes.
Comportamiento frente a la humedad Resistencia a la humedad en caso de posibles defectos de estanqueidad o excesiva difusión del vapor de agua. Protección contra el agua de condensación.	Materiales aislantes de poros cerrados y muy escasa absorción de agua. Construcciones estancas a la difusión del vapor, o elementos tipo "sandwich".	Porcentaje de celdillas cerradas: aprox. 95%. Absorción de agua: máx. 5% en volumen. Factor de resistencia a la difusión: $\mu = 30-100$ Protección contra el agua de condensación mediante capas cubrientes.
Comportamiento químico Estabilidad a los agentes químicos agresivos. Protección anticorrosiva en las construcciones metálicas.	Amplia resistencia a los agentes químicos normalmente empleados en las construcciones. Estabilidad a los medios agresivos.	Amplia estabilidad a los disolventes, plastificantes, carburantes, combustibles, etc. Buena compatibilidad con los perfiles trapezoidales de acero galvanizado.
Comportamiento biológico Estabilidad a los hongos, a los microorganismos y a la penetración de las raíces de plantas.	Buena estabilidad biológica. Ensayo según la norma DIN 53 930-32.	Estabilidad a los hongos y a los microorganismos, resistencia a la putrefacción, carácter inodoro, inocuidad fisiológica y resistencia a las raíces.
Aplicación Colocación económica de las planchas aislantes o de los elementos sandwich, sin formación de puentes térmicos ni otros defectos. El montaje es posible independientemente de la estación del año o del tiempo que haga. Libre elección del tipo de construcción; ninguna limitación o restricción con respecto a las distancias entre apoyos y a las subestructuras.	Materiales aislantes o elementos sandwich de bajo peso, que puedan montarse rápida y fácilmente, sin necesidad de costosas herramientas y en cualesquiera condiciones climatológicas. En los elementos sandwich se alcanza un alto grado de prefabricación. Idoneidad para cubrir grandes distancias entre apoyos en la construcción de naves y pabellones. Unión dotada de alta resistencia mecánica y rigidez torsional, gracias al óptimo pegado de los perfiles metálicos con el material aislante (espuma poliuretánica). Absorción de las fuerzas de presión del viento.	Bajo peso de las planchas aislantes y de los elementos sandwich. No es necesario el uso de mecanismos elevadores. Pueden mecanizarse, sin el menor problema, con las herramientas convencionales. Las planchas de espuma rígida son apropiadas para la colocación en betón muy caliente. Bandas hermetizantes y resistentes a las pisadas, para cubiertas de tejados: elementos sandwich con núcleo de espuma termoaislante. Montaje económico e independiente de las condiciones climáticas.

*) Estos datos rigen solamente en la República Federal de Alemania. Fuera de la R.F.A. hay que tener en cuenta las clasificaciones según las leyes y normas vigentes en los respectivos países, pudiendo utilizar - aparte del material aislante Baymer - también espumas rígidas a base de "Baytherm".

Ejemplos de construcción



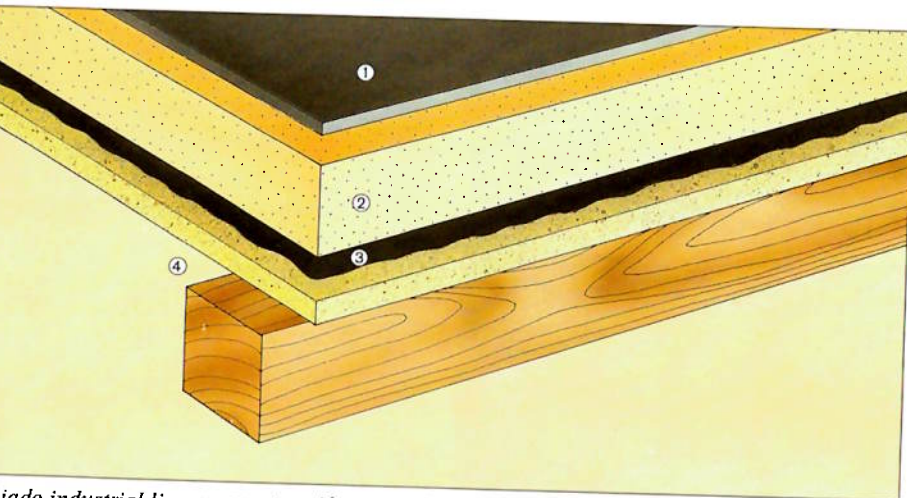
Tejado ligero y económico para nave industrial; óptimo aislamiento térmico, estática segura e infraestructura lista

Estructura por capas, de arriba abajo

- ① Impermeabilización del tejado con cubierta resistente a las pisadas
- ② Núcleo de espuma rígida de poliuretano (PUR), obtenida en fábrica; unión mecánica con arrastre de fuerza y resistente al cizallamiento
- ③ Refuerzo autosustentante a base de perfiles trapezoidales, galvanizados y protegidos contra la corrosión, con subestructura definitiva
- ④ Soporte: por ej. vigas de acero

Datos físicos de la construcción del tejado industrial ligero

Espesor de la capa aislante de espuma rígida de poliuretano (PUR), en mm	$1/\lambda$ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	k $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
75	2,15	0,43
95	3,00	0,31



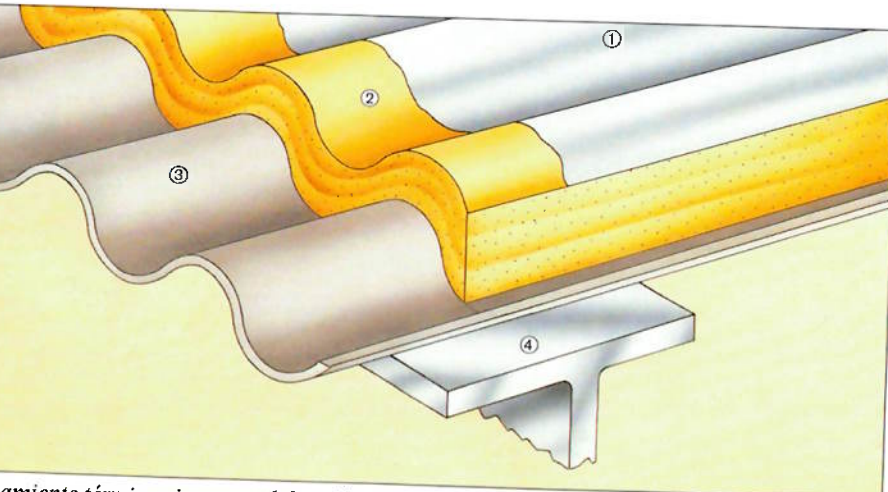
Tejado industrial ligero - construcción en madera

Estructura por capas, de arriba abajo

- ① Hermetización de la cubierta
- ② Plancha aislante de espuma rígida de poliuretano
- ③ Barrera frente al vapor
- ④ Construcción portante e infraestructura

Datos físicos de la construcción

Espesor de la capa aislante de espuma rígida de poliuretano (PUR), en mm	$1/\lambda$ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	k $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
60	2,00	0,461
90	3,00	0,315



Aislamiento térmico e impermeabilización de planchas onduladas de fibrocemento en la construcción de naves industriales

Estructura por capas, de arriba abajo

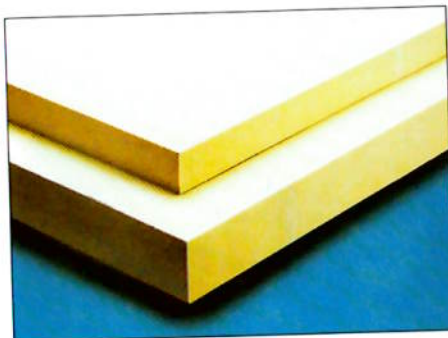
- ① Pintura que protege de la radiación ultravioleta (anti-UV)
- ② BAYMER DS-1, espuma para tejados, pulverizable in situ
- ③ Plancha ondulada de fibrocemento
- ④ Subestructura

Datos físicos de la construcción

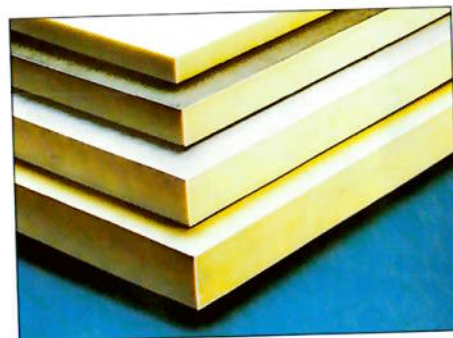
Espesor de la capa aislante de espuma rígida de poliuretano (PUR), en mm	$1/\lambda$ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$	k $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
60	2,00	0,461
90	3,00	0,315

Productos y formas de suministro

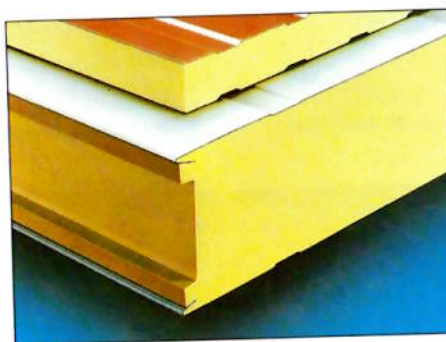
Las planchas aislantes a base de la espuma rígida de poliuretano (PUR) se suministran en diferentes dimensiones, grosores y perfiles (canteados). Según el fin de aplicación, se ofrecen placas dotadas de diversas cubiertas, y elementos tipo "sandwich", con núcleo de poliuretano, para tejados ligeros.



Planchas aislantes, sin forrar



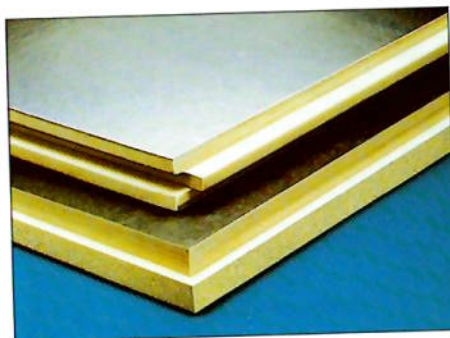
Planchas aislantes, forradas



Elementos sandwich de acero, con núcleo de espuma rígida de poliuretano



Espuma de poliuretano, obtenida in situ. "BAYMER DS-I - espuma pulverizable sobre tejados"



Planchas aislantes, con diversos perfiles

Bayer AG, División PU,
Sección de ventas H
D-5090 Leverkusen

Bayer



Bayer AG produce y suministra los sistemas de materias primas Baytherm y Baymer. Los correspondientes fabricantes o transformadores asumen la responsabilidad por lo que respecta a la espuma rígida de poliuretano (PUR) fabricada, como material aislante y de construcción, a base de estas materias primas.

Nuestro asesoramiento técnico de aplicación, ya sea verbal, por escrito o mediante ensayos, se realiza según nuestro leal saber y entender, pero debe considerarse sólo como indicación sin compromiso, también por lo que respecta a posibles derechos de propiedad industrial de terceros; no exime al cliente del examen propio de los productos suministrados por nosotros con el fin de verificar su idoneidad para los procedimientos y fines previstos. La aplicación, el empleo y la transformación de los productos se llevan a cabo fuera del alcance de nuestras posibilidades de control, siendo, por tanto, de la exclusiva responsabilidad del cliente. Si, no obstante, hubiera de considerarse alguna responsabilidad por parte nuestra, ésta se limitará,

para cualesquiera daños y perjuicios, al valor de la mercancía suministrada por nosotros y empleada por el cliente. Se entiende que garantizamos la intachable calidad de nuestros productos de conformidad con nuestras Condiciones (Condiciones de Venta y Suministro; esto, sin embargo, no se refiere a los «productos de ensayo» (PU). Los métodos que en este folleto se describen, para ensayar el comportamiento ignífugo del poliuretano, y los resultados que se detallan, no permiten extraer consecuencias directas sobre todos y cada uno de los riesgos posibles en la práctica.

Nº de pedido: PU 51132 esp • Edición: 5.84 • Sp 35-884/85

