

Lavenergihuset – tæt på målet

Carsten Rode
DTU Byg

ARTEK Event: Innovation i Grønland. Sisimiut, 1.-2. marts 2011

Emner for denne præsentation

- Mål med huset
- Målinger i huset
- Hvordan er det gået?
- Hvordan er det forbedret?
- Hvor godt er det nu?
- Hvad har vi lært?



Mål med lavenergihuset, 2004

- Demonstrere potentiale for lavenergibyggeri
- Reelt bygge et lavenergihus i Sisimiut
- Energiforbrug til opvarmning: 80 kWh/m²
- Under halvdelen energiramme i henhold til GBR

Andre mål:

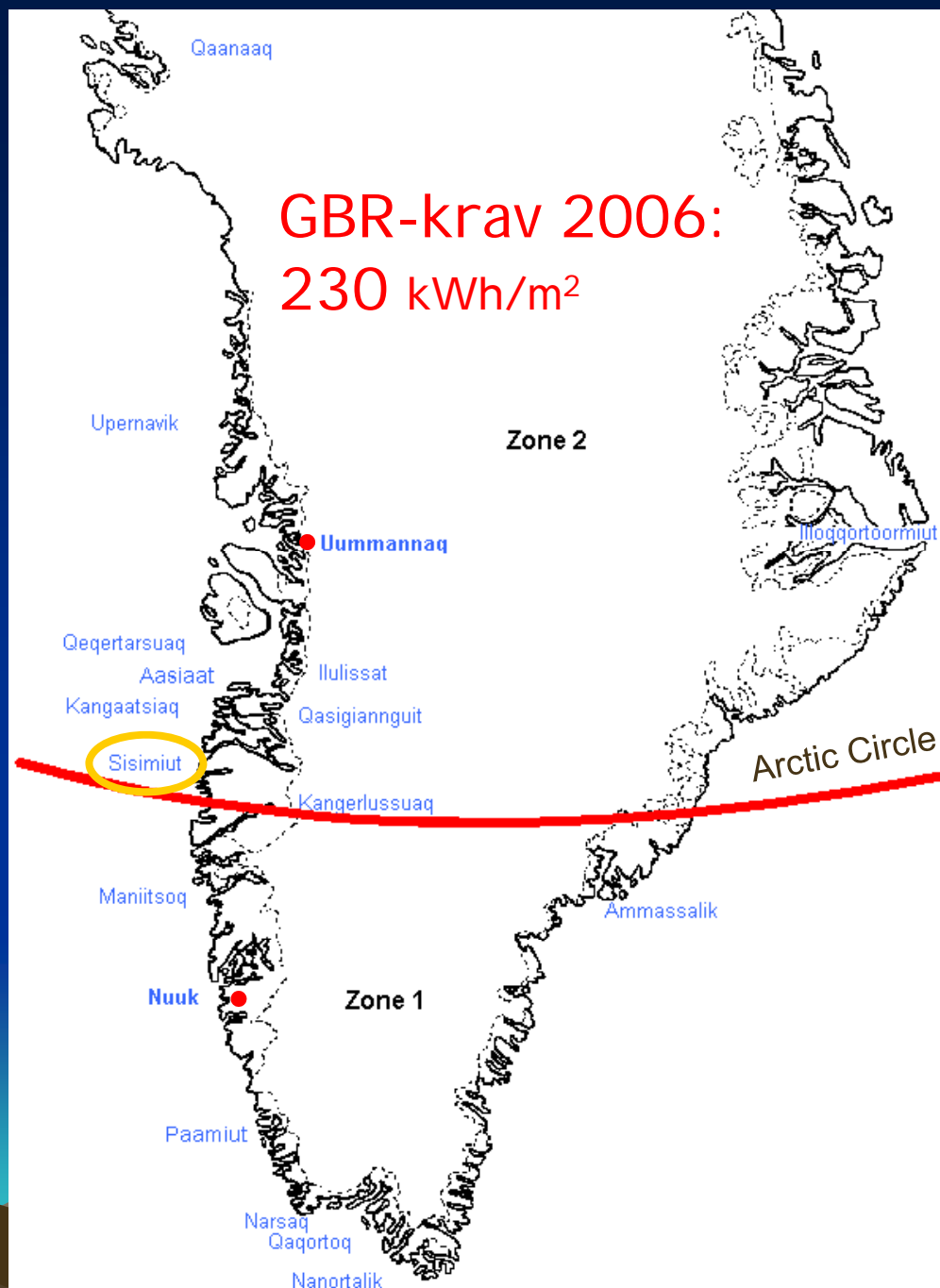
- Godt indeklima
- Holdbare konstruktioner
- "Synlighed" af projekt



Klimazoner i Grønland:

Zone 1: Syd for polarcirklen

Zone 2: Nord for polarcirklen



Hovedindsatser

Måder at opnå høj energieffektivitet:

- Isoleringstykkelser
- Minimering af kuldebroer i klimaskærmen
- Vinduer med netto-varmetilskud
- Ventilation med effektiv varmegenvinding
- Solvarme til varmt brugsvand

- Flere af disse ting er prototyper...

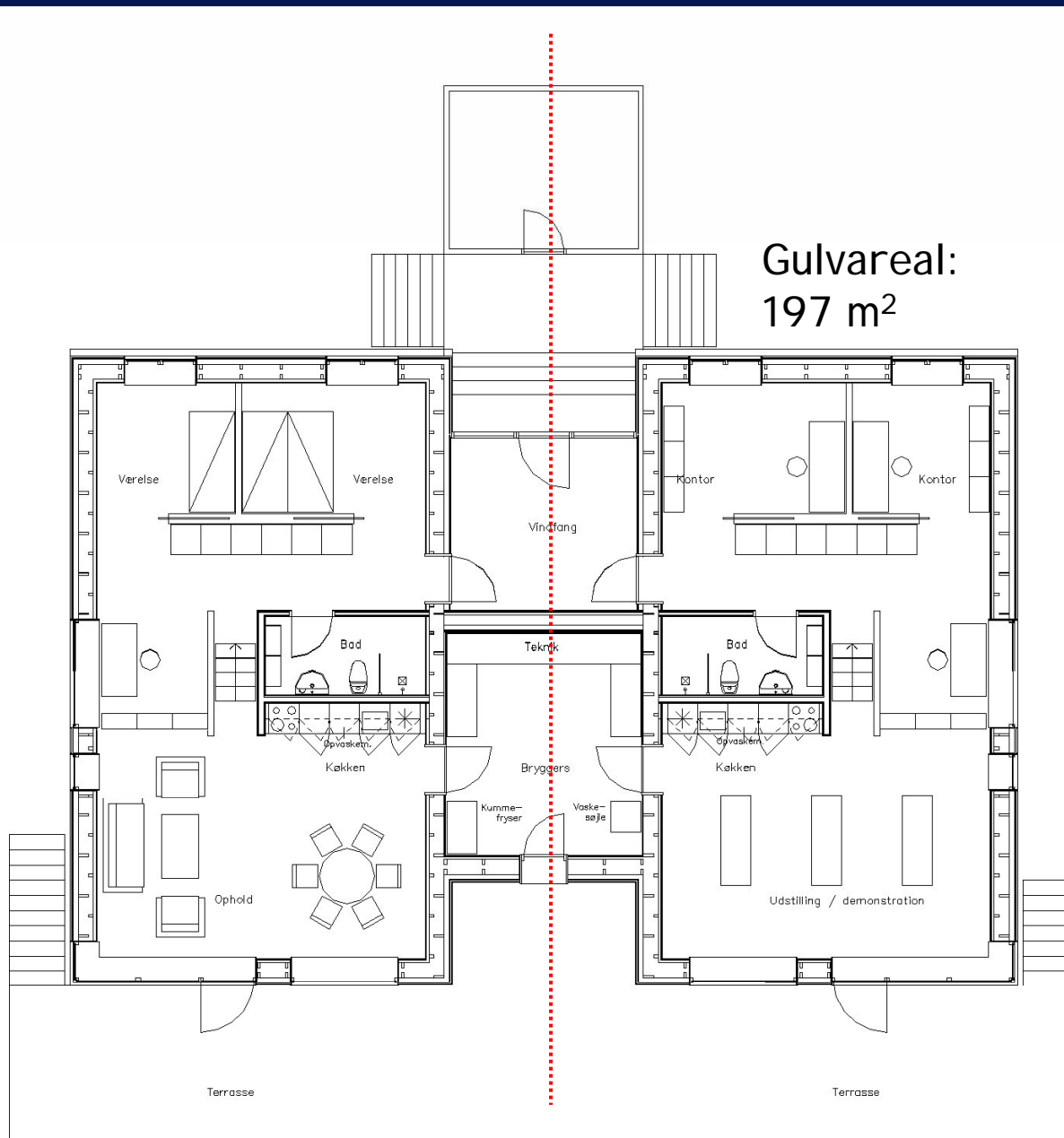






CENTER FOR ARKTISK TEKNOLOGI
LAVENERGIHUS I SISIMIUT
RUMLIG SKITSE SET FRA NORDØST
AUGUST 2002 / MBK
ERIK MØLLERS TEGNESTUE AS
INDIAVEJ 1 2100 KØBENHAVN Ø

Lavenergihusets plan



Lavenergihuset, lodret snit 2

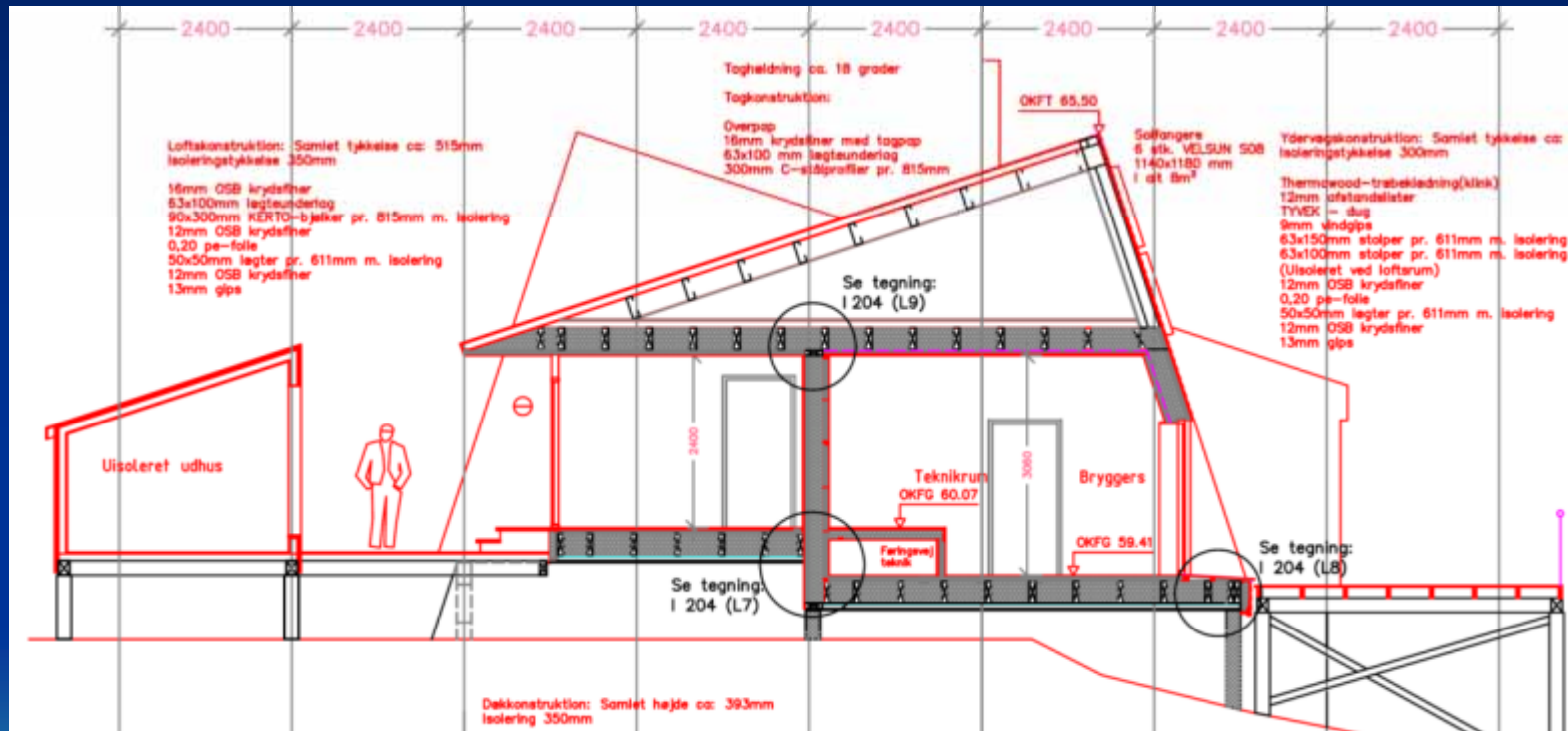
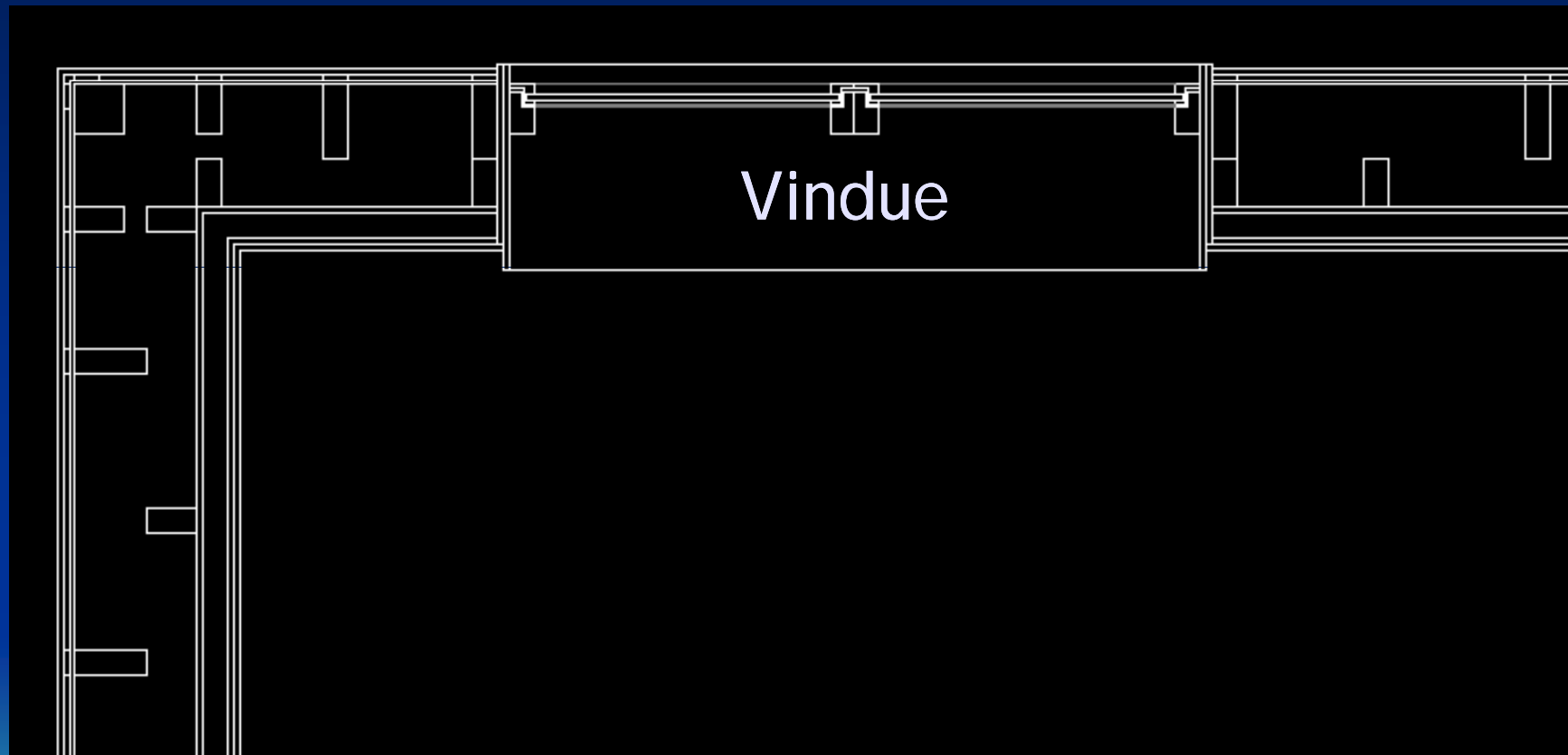




Foto: Egil Borchersen



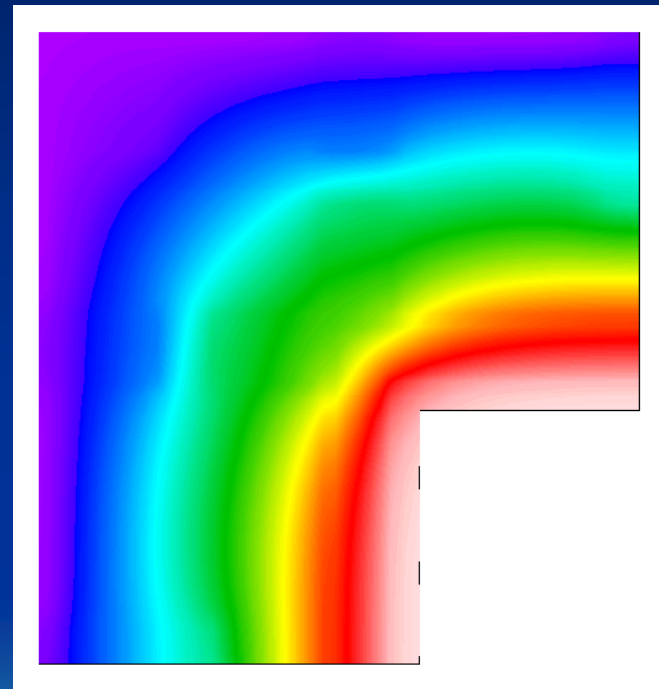
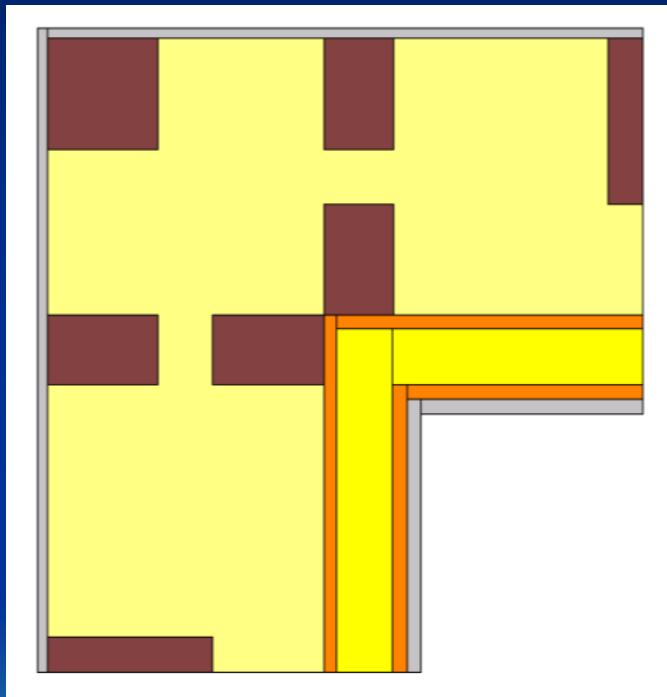
Ydervægge



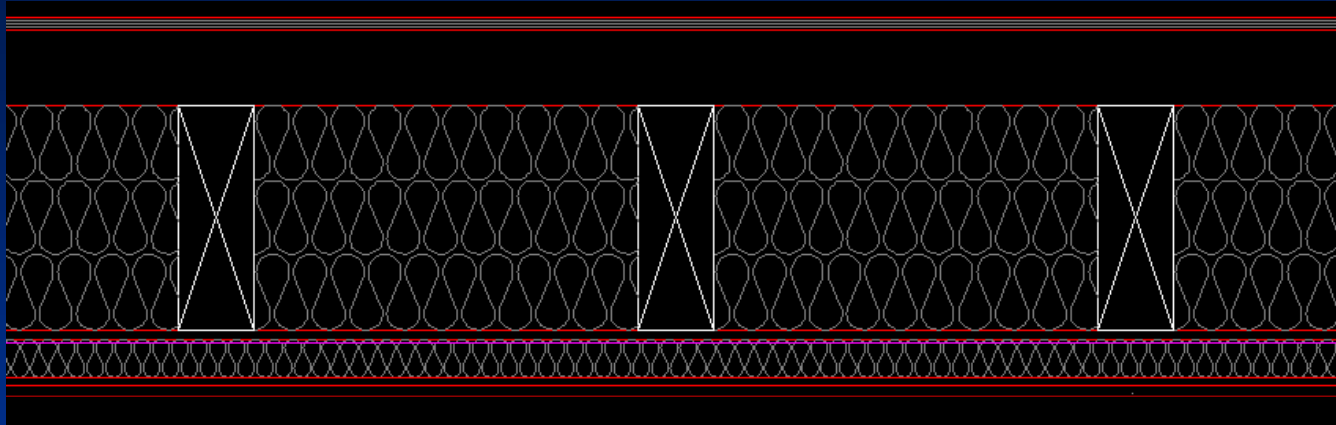
Kuldebroer

Hjørne af ydervægge

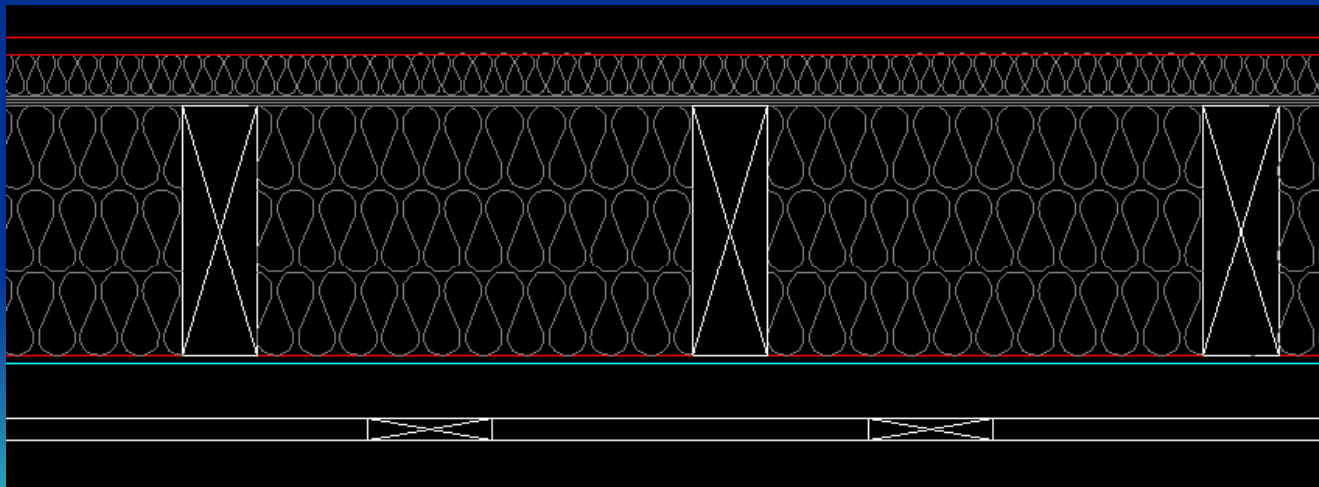
Linjetabskoefficient: $0,015 \text{ W/mK}$



Loft



Gulv



I soleringstykkelse

Konstruktion	I solerings- tykkelse [mm]	Beregnet U-værdi [W/m ² K]	"Fremtidigt" U-værdi krav
Gulv	350	0,14	0,15
Vægge	300	0,15	0,20
Tag	350	0,13	0,15



Let trækonstruktion og glasuld



Forsøgsbyggeri med gulvvarme

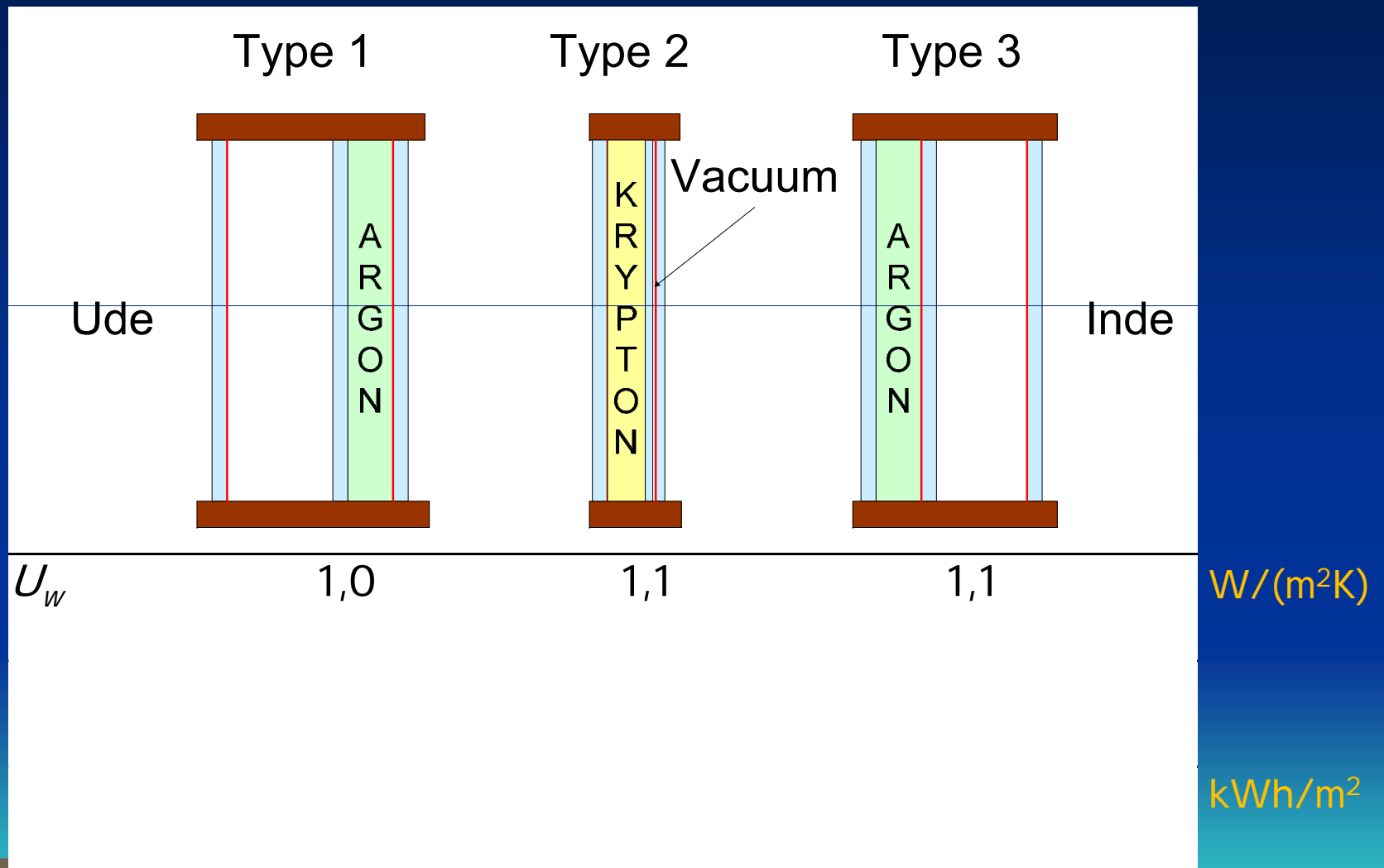


Vinduer

U-værdi	Lavenergi- hus	Grønlands "nye" bygnings- reglement 2006	Danmark BR 2006
Vinduer	1,0 – 1,1	1,8	1,5



Vinduer

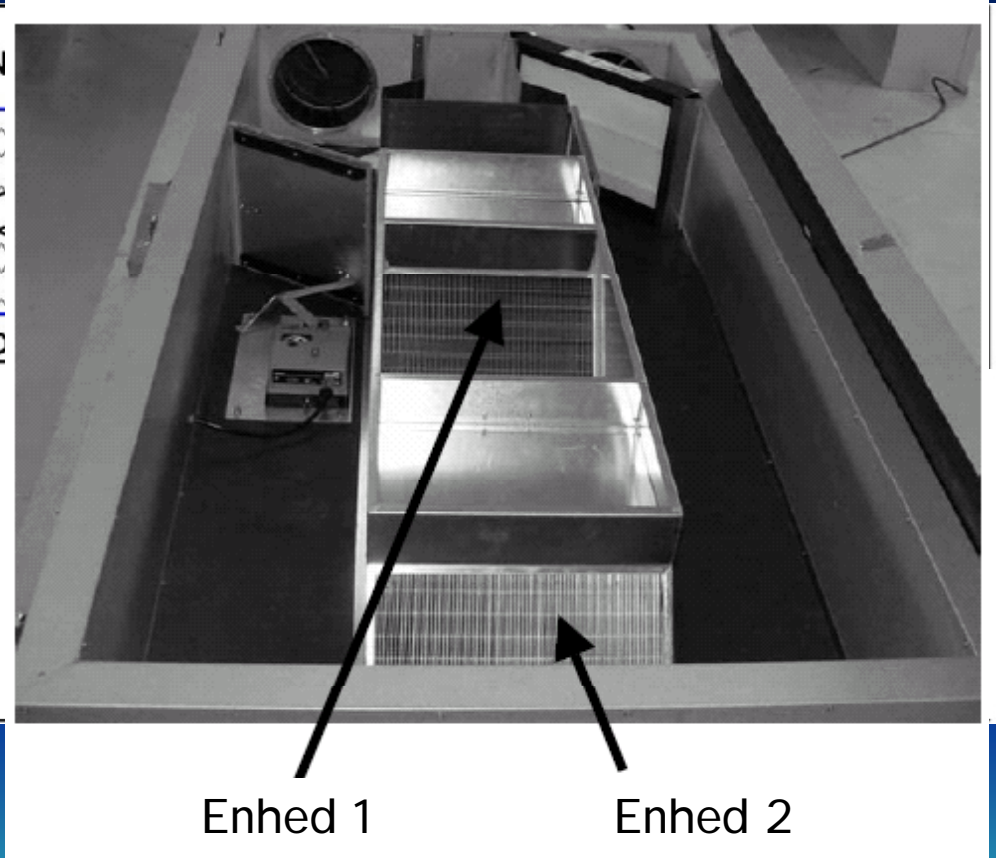
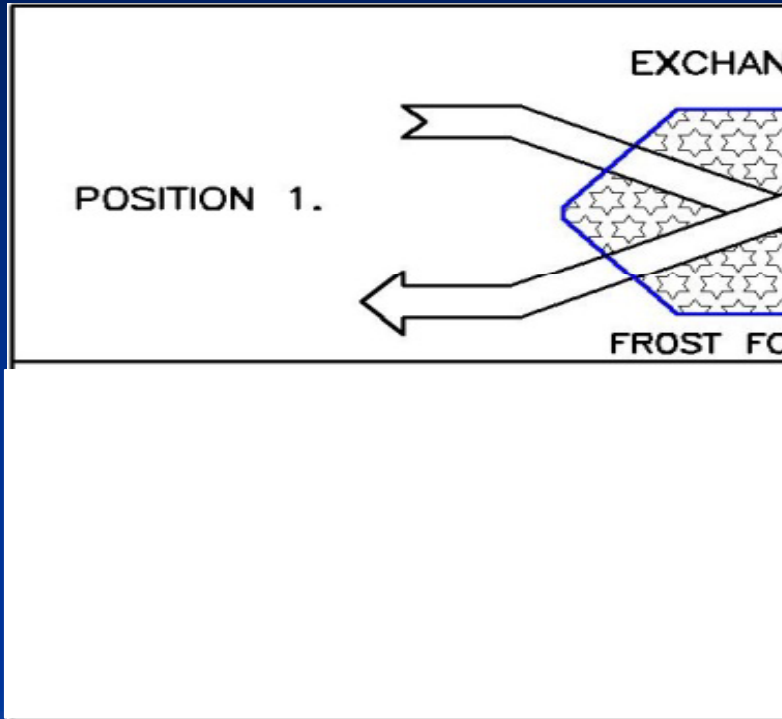






Ventilation med varmegenvinding

Serieforbindelse af to modstrøms varmevekslerenheder
Retning af luftstrøm skifter



Varmeveksler udviklet i samarbejde mellem EXHAUSTO A/S og DTU



Solfanger

- Plan solfanger
- Areal: 8 m²
- Hældning: 70°
- Udbytte:
1.700 kWh/år



Detaljeret simulering af energiforbrug

Beregningsmodel opbygget i programmet *BSim*

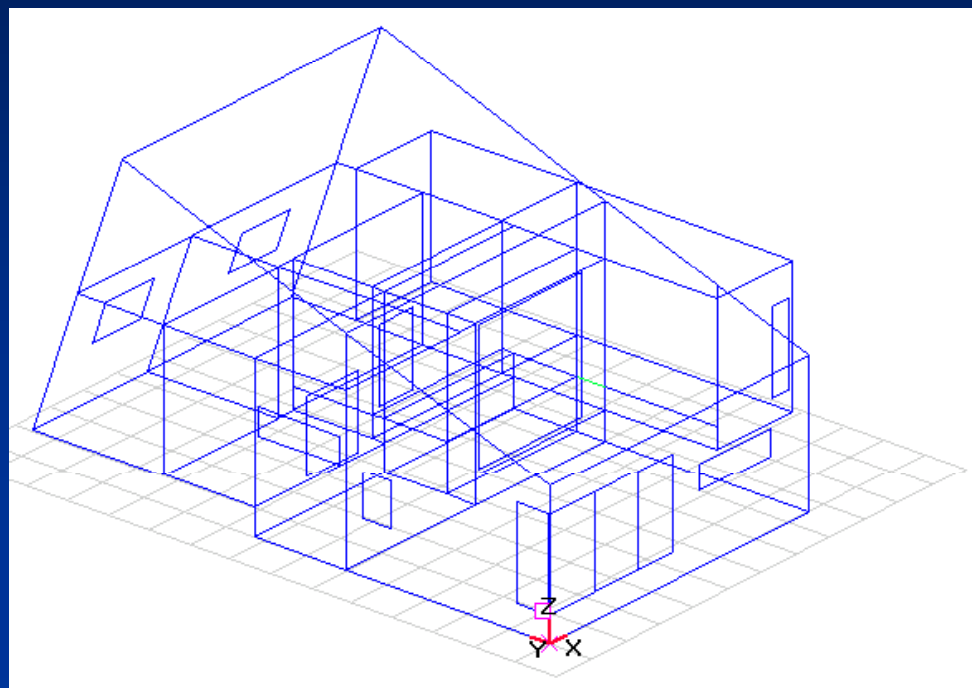
Setpunkttemperatur for opvarmning: 21°C

Opvarmningssystem:
Gulvvarme

Interne varmetilskud:
5 W/m²

Luftskifte i henhold til bygningsreglementet

Vejrdata: Sisimiut



BSim-model for halvdelen af dobbelthuset

Beregningsresultater for dobbelthuset

Transmissionstab	22.300 kWh	113 kWh/m ²
Ventilation Infiltration Udluftning	8.300 kWh	42 kWh/m ²
Interne varmetilskud	8.100 kWh	41 kWh/m ²
Vinduer – soltilskud	7.100 kWh	36 kWh/m ²
Opvarmning	15.400 kWh	78 kWh/m ²

Samlet gulvareal: 197 m²

April 2005



Indvielse 13. april 2005



<http://www.byg.dtu.dk/upload/institutter/byg/publications/rapporter/byg-r115.pdf>

Målinger

Heating System for Low Energy House, Sisimiut, Greenland

(February 2005)

Energy meter 1:

Floor heating
Kamstrup Multical III Qn 1,5
(måler nr. 4619244)

Energy meter 2:

Suppl. Heating, Domestic
Hot Water
Kamstrup Multical III Qn 1,5
(måler nr. 4665271)

Energy meter 3:

Domestic Hot Water
Kamstrup Multical III Qn 1,5
(måler nr. 4703852)

Energy meter 4:

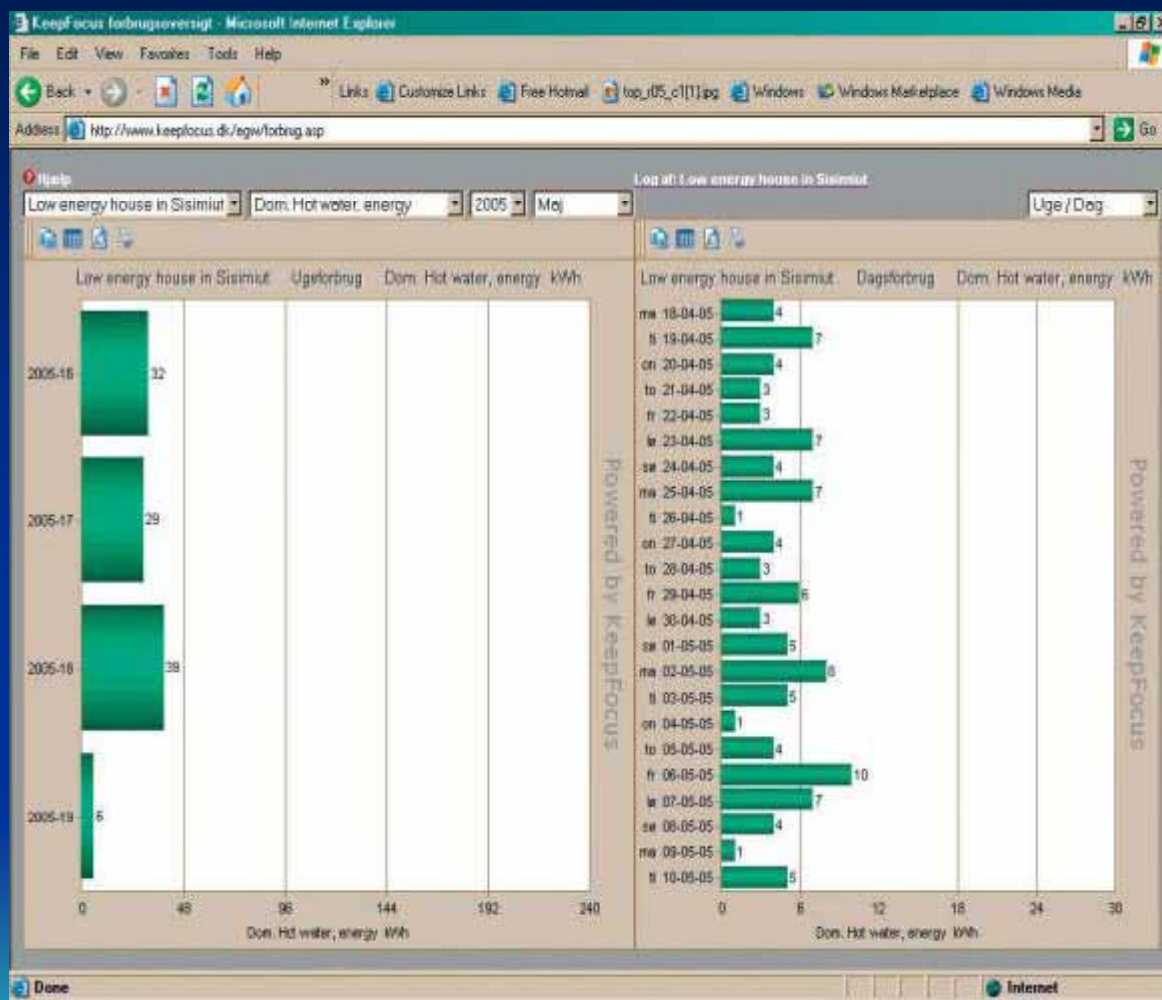
Solar Panel
Brunata HGQ1
(serie nr. 30424871)
(calibrated for water 45% /
glycol 55%)

Energy meter 5:

Solar, Excess Energy
Brunata HGQ1
(serie nr. 30424870)
(calibrated for water 45% /
glycol 55%)



Data Logging on Internet



<http://www.keepfocus.dk>

User-ID: DTU4

Password: sisimiut

Årligt energiforbrug og energitilskud

	År 1 (2005-06)	År 2 (2006-07)	År 3* (2007-08)	År 4 (2008-09)	
Opvarmning	28.091	28.792	27.030	30.587	kWh
Varmt brugsvand	2690	2269	344	2353	kWh
Solvarme	1670	1885	n/a	n/a	kWh
Olieforbrug	2953	3033	3056	3920	liter
El, teknik	2332**	4957	5524	5874	kWh
El, lejlighed 1	1601**	3315	337	2158	kWh
El, lejlighed 2	443**	998	107	1097	kWh
Indendørs temperatur	22,6	22,7***	24,5****	23,5	°C

* Huset ikke beboet juli til marts (inkl.)

** Kun januar- juli

*** Juli - november 2007

**** 1. april - 16. August 2008



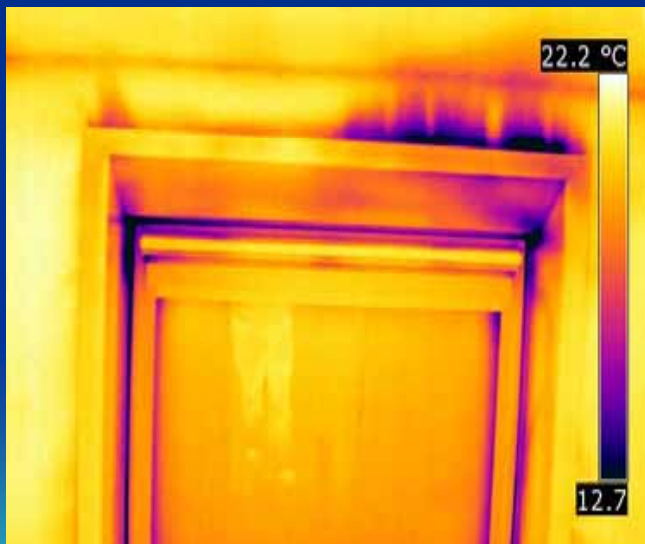
Årlig energibalance

kWh	Rum- opvarmning	Varmt brugsvand	Tilskud fra solfanger
Planlagt	15.500	3.000	1.700
Målt	28.000	2.250 – 2.650	~1.700

Årsager til afvigelse

- Indendørs temperatur højere end antaget
- Utilstrækkelig lufttæthed

Blower door test: 2,4 l/(s·m²) @ 50 Pa



Årsager til afvigelse

- Indendørs temperatur højere end antaget
- Utilstrækkelig lufttæthed
- Isdannelse i varmeveksler?
- Utilstrækkelig isolering af ventilationskanaler

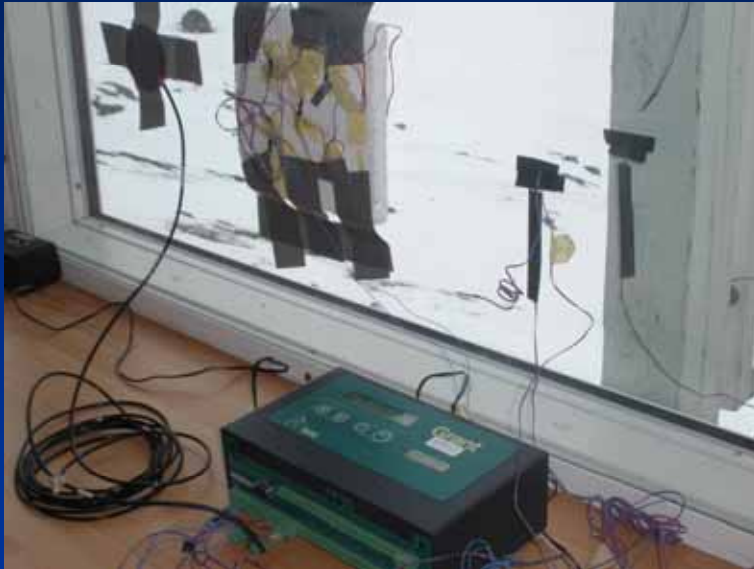


Årsager til afvigelse

- Indendørs temperatur højere end antaget
- Utilstrækkelig lufttæthed
- Isdannelse i varmeveksler?
- Utilstrækkelig isolering af ventilationskanaler
- Defekt styring af eftervarmeplade
- Opvarmning i vindfang
- Brugeradfærd, fx åbning af terassedør?



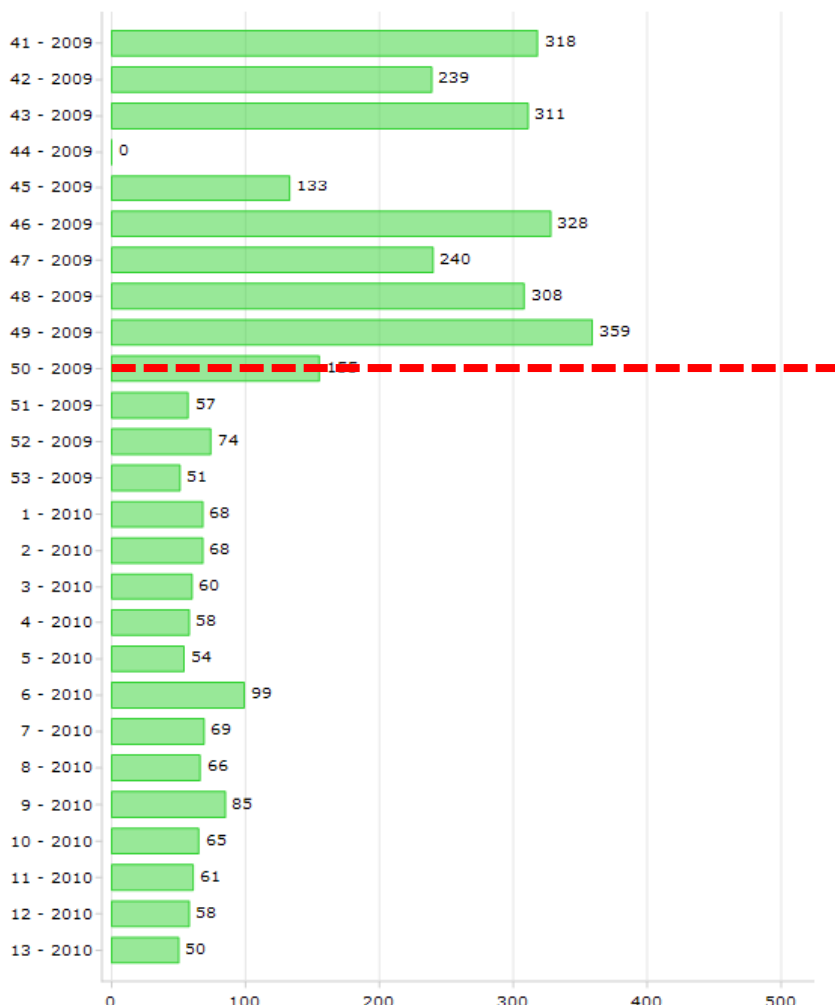
Vinduer



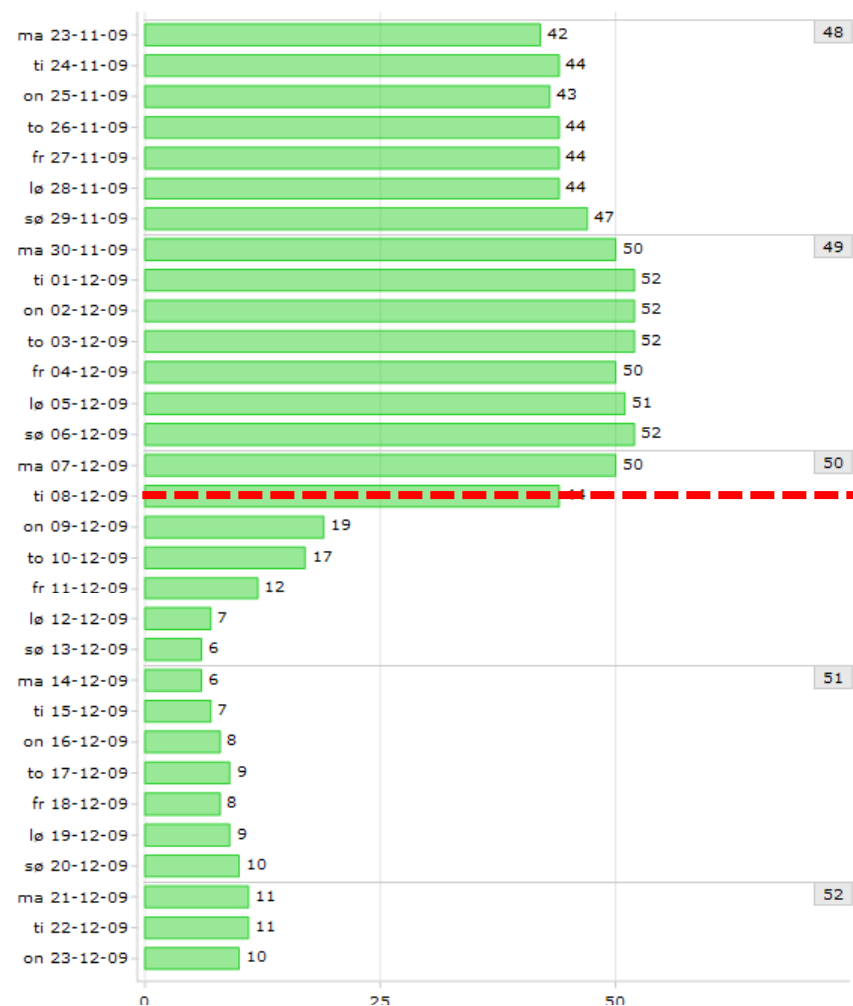
- Ønsket U-værdi rude: $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Målt U-værdi rude: $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Installation:
 Måler:
 Aflæsning:
 Grafik:
 Periode:
 Referencedato:

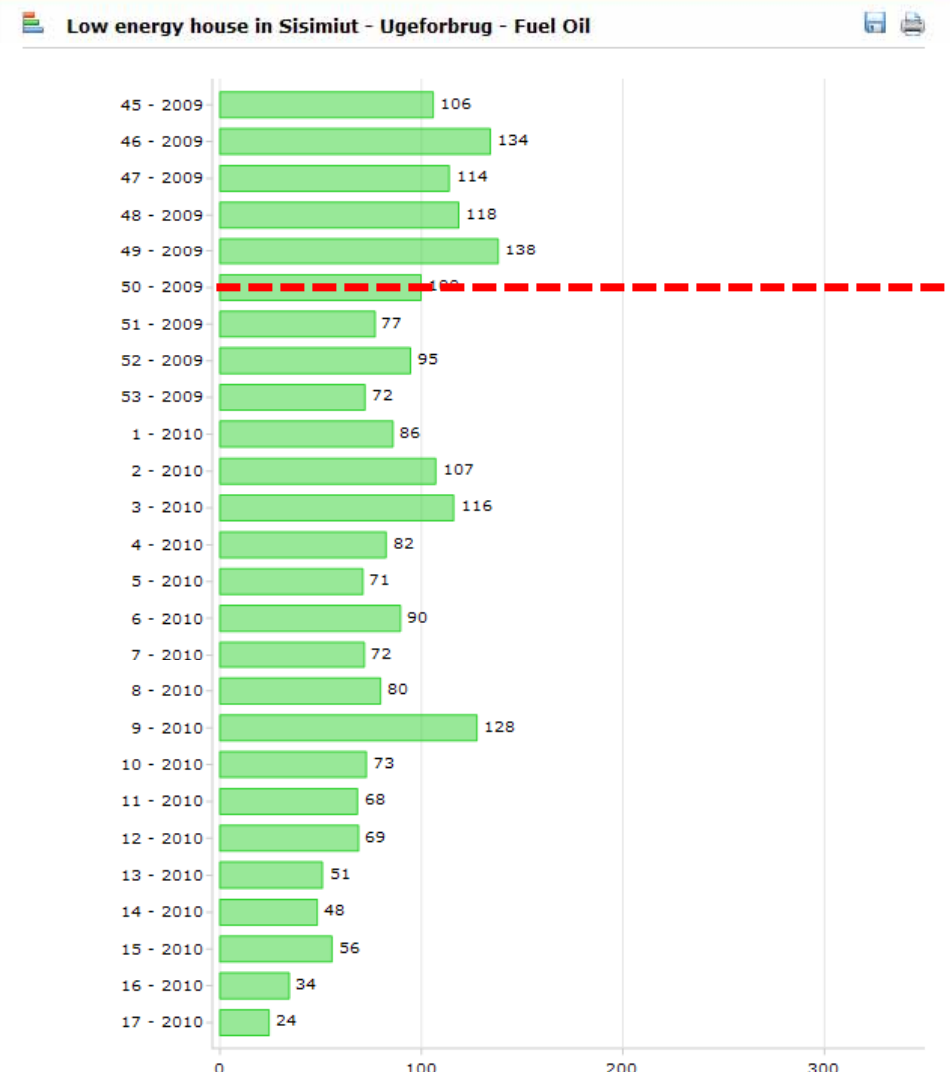
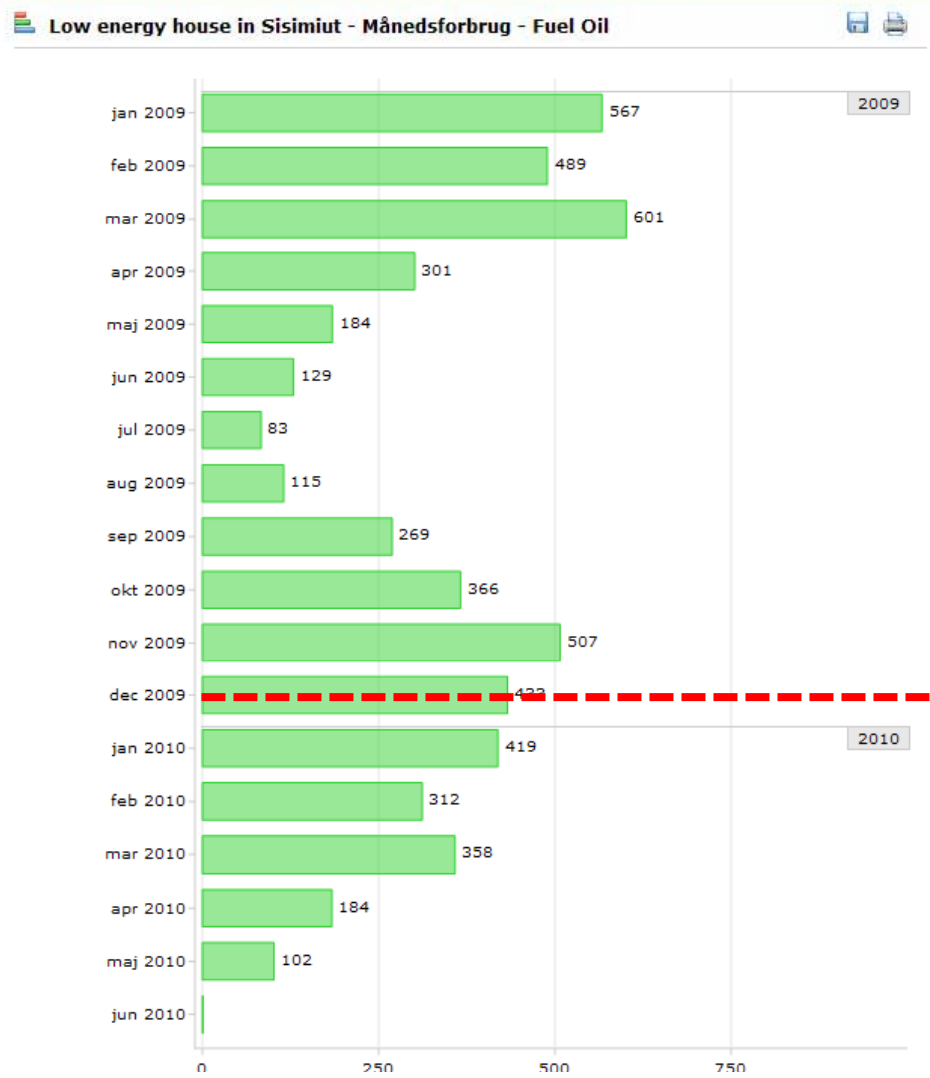
Low energy house in Sisimiut - Ugeforbrug - Vent Afterheating Energy



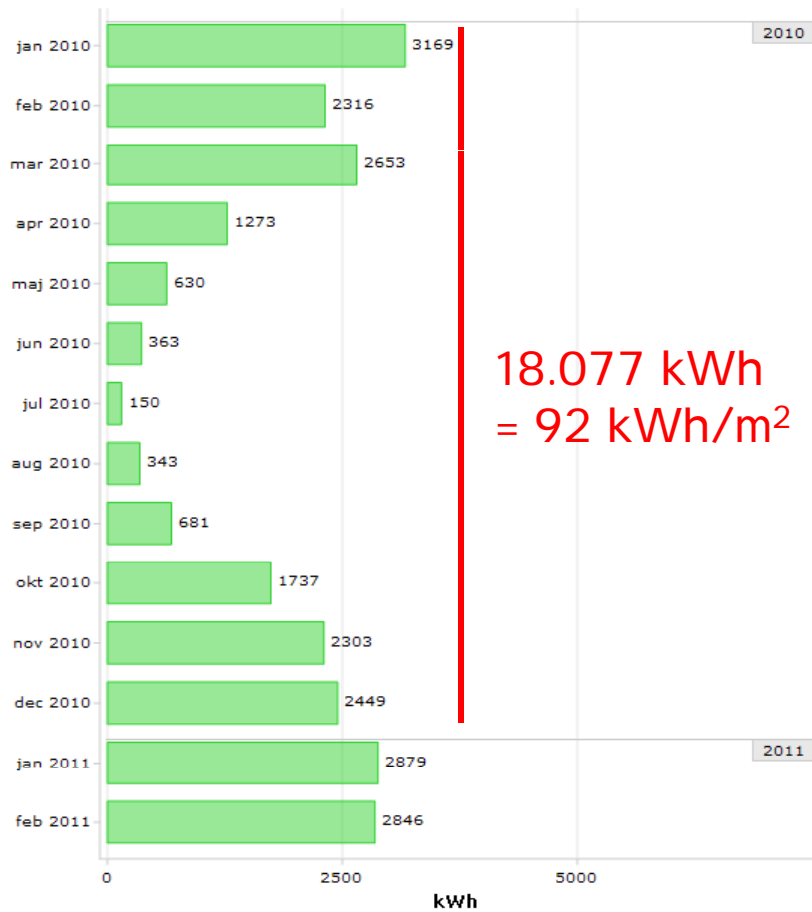
Low energy house in Sisimiut - Døgnforbrug - Vent Afterheating Energy



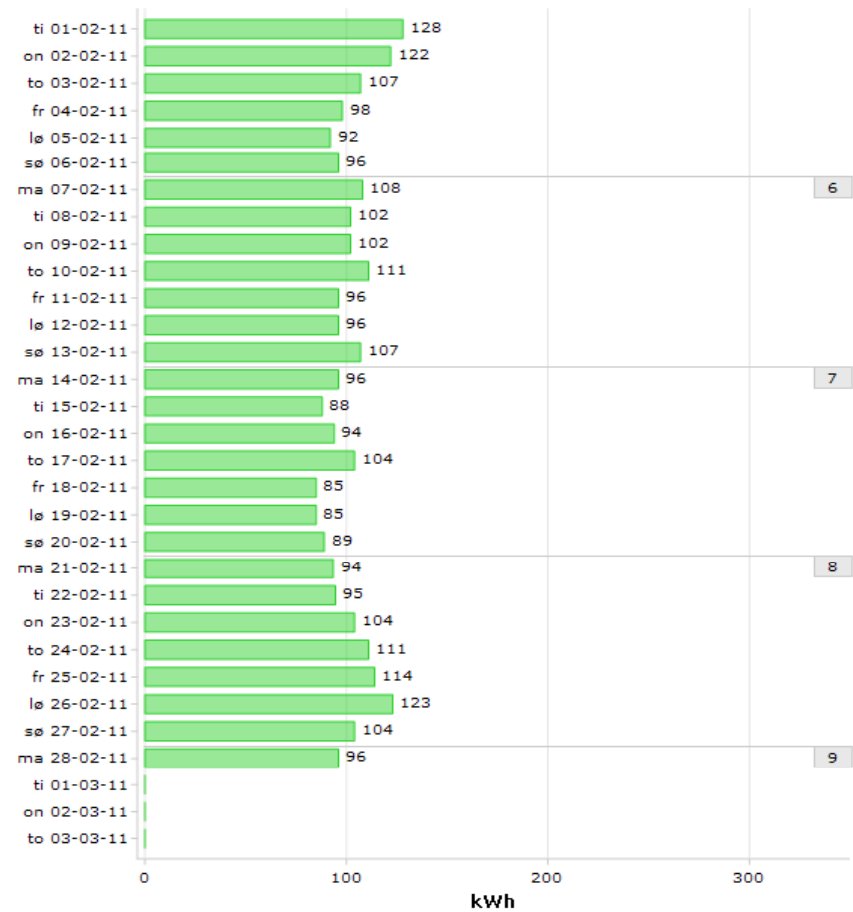
Installation: Low energy house in Sisimiut
 Måler: Fuel Oil
 Aflysning: Forbrug
 Grafik: Måned | Uge
 Periode: (tom)
 Referencedato: 2009 november
 Funktionen



Low energy house in Sisimiut - Månedforbrug - Floorheat + Vent Afterheat kwh



Low energy house in Sisimiut - Døgnforbrug - Floorheat + Vent Afterheat kwh



Men...

- De fem år har været mildere end normalt, ikke mindst 2010 !
- Der har formentlig været et mindre luftskifte end tilsigtet



Sammenfatning:

Årligt energiforbrug til opvarmning

- GBR krav (2006): 230 kWh/(m²år)
- Målsætning: 80 kWh/(m²år)

- Realiseret forbrug 2005-2009: 140 kWh/(m²år)
- Forbrug, dec.09–nov. 10: 95 kWh/(m²år)
- Korrigeret for temperaturer: 102 kWh/(m²år)



Hvad har vi lært?

- Lufttæthed er vigtigt
- Følg op på at teknikken fungerer
- Involver brugerne
- 4000 km ...

- "Commissioning"



Konklusioner

- Det er lykkedes at lave et godt lavenergihus
- Energiforbrug til opvarmning: Nu ca. 100 kWh/(m²·år)
– kun lidt over forventningerne...
- Huset har et godt indeklima og lave fugtindhold i konstruktionerne
- Væsentlige spin-off af huset: Inspirere branche, myndigheder, studerende, forskere





Foto: Egil Borchersen