

Jesper Kragh
Svend Svendsen

**Analyser til det nye grønlandske
bygningsreglement**

**DANMARKS
TEKNISKE
UNIVERSITET**



BYG · DTU
Oktober 2002

Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	3
2	Grønlandske forhold.....	4
2.1	Udetemperaturen.....	5
2.2	Solindfald.....	7
3	Bestemmelse af energiforbrug.....	11
3.1	Simulering af referencehus med BV98.....	11
3.2	Resultater	15
4	BSim2002.....	16
4.1	BV98 vs. BSim2002	17
5	Energirammer	18
5.1	Eftervisning af energiramme	20
	Referencer.....	21

1 Indledning

Formålet med nærværende rapport vedrørende det grønlandske bygningsreglement er at foretage analyser til bestemmelse og fastlæggelse af kravet til maksimalt energiforbrug i bygninger til opvarmning. Dette krav benævnes *energirammen* i bygningsreglementet.

Bygningsreglementets energikrav kan eftervises på tre måder baseret på følgende krav-sæt:

- U-værdier
- Varmetabsramme
- Energiramme

Energirammen er bestemt så den svarer til energiforbrug i en typisk bygning isoleret svarende til U-værdi-kravene.

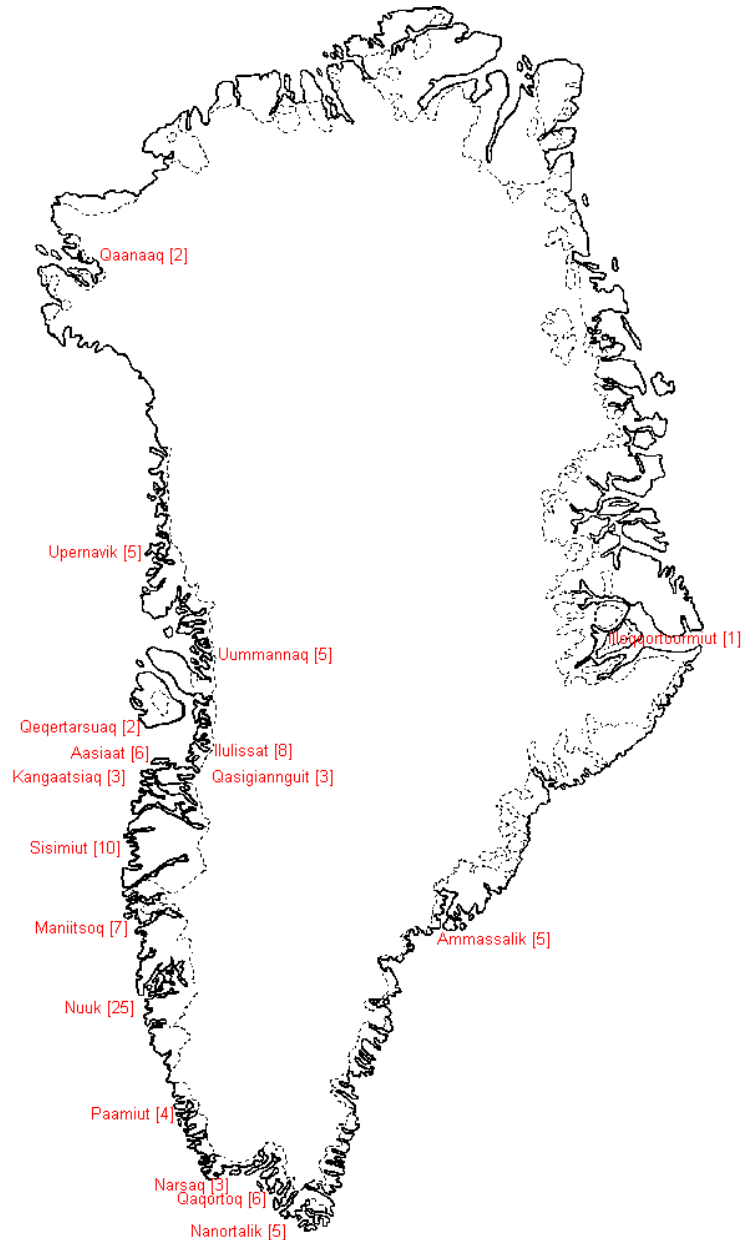
Eftervisning af om et byggeri opfylder energirammen kan foretages ved relativt simple håndregninger eller ved brug af computer programmet BV98 /1/. En del af projektet har været, at tilpasse programmet BV98 til grønlandske forhold.

Til bestemmelse af energirammerne kræves kendskab til månedsmiddelværdier for udetemperaturen og solindfaldet for derved at kunne beregne energiforbruget til opvarmning og ventilation i et typisk grønlandsk hus. Udetemperaturen er i de fleste større grønlandske byer målt over en længere årrække, og der foreligger derfor gode statistiske middelværdier for hver måned året rundt. Solindstrålingen er målt knap så mange steder, og kun i form af globalstråling (horisontalt). Globalstrålingsmålinger foretaget af Asiaq i Nuuk, Sisimiut og Uummannaq er benyttet til at beregne månedsmiddelværdier for solindfaldet på flader med forskellige hældninger og orienteringer. Behandlingen af disse målinger er beskrevet i /2/.

2 Grønlandske forhold

Da klimaet i Grønland varierer betydeligt fra syd til nord bør der tages hensyn til dette mht. energirammernes størrelser, samt hvilke geografiske områder rammerne dækker. Ligeledes bør der tages hensyn til den geografiske befolkningsfordeling ved en evt. zoneopdeling af landet.

På figur 1 ses befolkningsfordelingen pr. 1. januar 2000 /3/, idet procentfordelingen er angivet i kantet parentes [x] efter bynavnet. Det ses, at befolkningen er koncentreret i den sydvestlige del af landet, og at 25 % bor i hovedstaden Nuuk.



Figur 1 Befolkningsfordeling pr. 1. januar 2000. Procentfordelingen er angivet i kantet parentes [x] efter bynavnet

2.1 Udetemperaturen

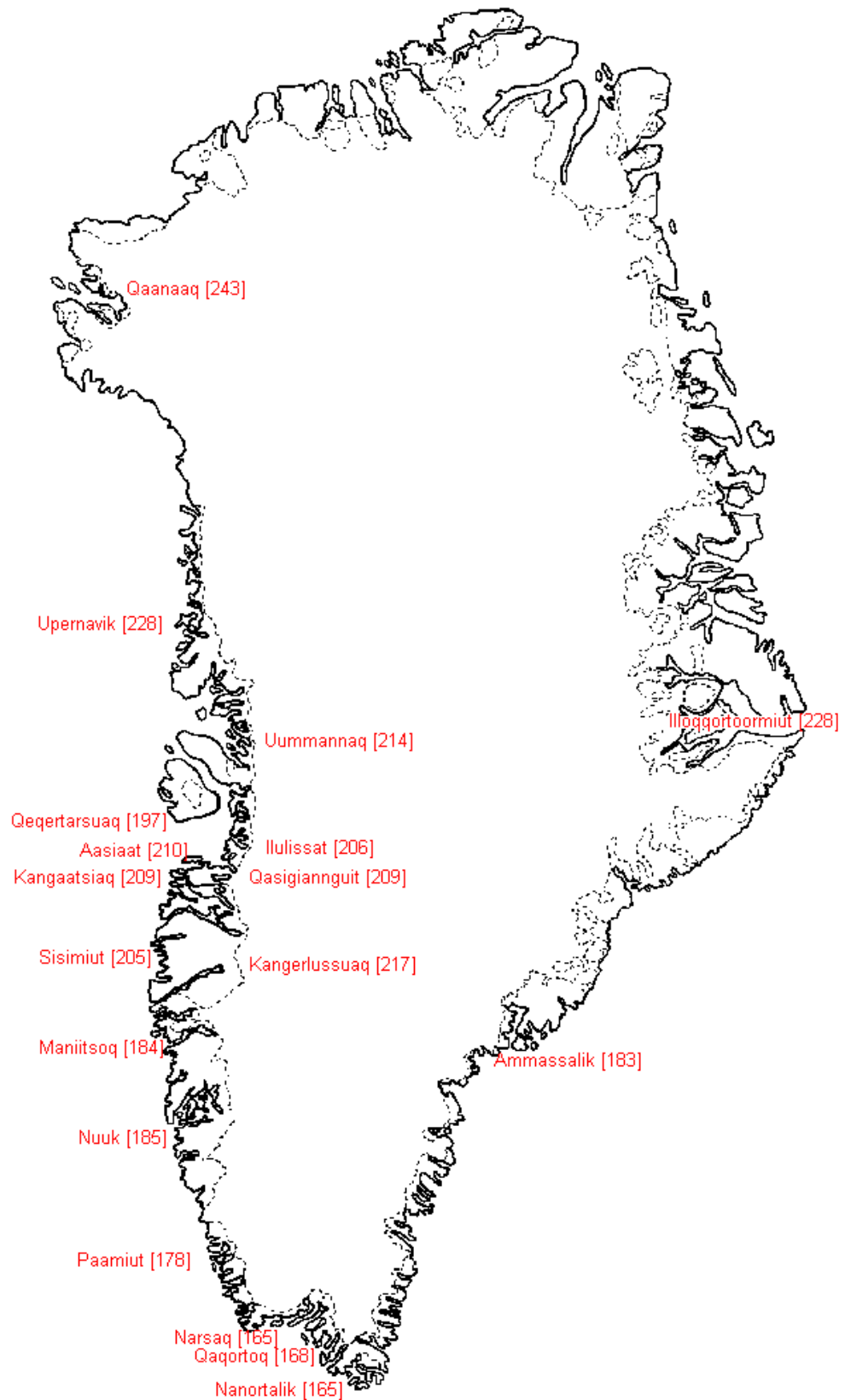
For alle grønlandske byer er udetemperaturen blevet målt over en længere årrække (1993 til 2001). I tabel 1 ses de tilgængelige månedsmiddelværdier for udetemperaturen /4/.

Tabel 1 Middel udetemperatur for alle byer samt Kangerlussuaq og Narsarsuaq

Bynavn	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Middel
Nanortalik	-4,2	-5,4	-4,4	1,4	3,3	5,0	5,8	6,1	5,8	2,5	-0,5	-2,2	1,1
Qaqortoq	-5,8	-7,3	-5,9	1,1	3,5	5,4	7,4	7,9	6,1	1,8	-1,7	-3,7	0,7
Narsarsuaq	-7,3	-9,3	-7,5	1,5	5,6	9,1	10,5	9,4	6,4	1,2	-3,6	-5,9	0,9
Narsaq	-5,5	-7,1	-5,2	1,9	4,6	7,2	8,4	8,2	5,9	1,1	-2,3	-3,8	1,1
Paamiut	-7,3	-8,7	-6,7	0,0	2,6	5,3	6,7	5,7	4,4	1,0	-2,4	-5,2	-0,4
Nuuk	-8,4	-9,9	-8,9	-2,1	1,2	5,1	6,7	6,4	4,0	-0,1	-3,0	-4,8	-1,1
Maniitsoq	-10,2	-9,7	-9,8	-1,7	1,8	6,0	8,3	7,2	4,9	0,1	-3,3	-5,6	-1,0
Kangerlussuaq	-19,2	-21,4	-20,6	-4,9	3,2	9,5	10,8	8,5	3,8	-4,8	-9,3	-14,2	-4,9
Sisimiut	-14,0	-16,4	-14,8	-4,4	0,3	5,3	6,7	5,9	3,3	-1,4	-4,7	-7,9	-3,5
Kangaatsiaq	-11,4	-17,9	-16,0	-6,4	-1,8	4,7	5,3	5,7	3,0	-1,7	-4,6	-6,0	-3,9
Aasiaat	-14,6	-18,7	-18,0	-6,8	-0,1	5,7	7,5	6,6	3,6	-1,5	-4,8	-7,2	-4,0
Qasigiannguit	-15,1	-18,9	-18,6	-6,3	0,6	7,7	9,6	8,2	3,9	-2,8	-6,0	-8,9	-3,9
Ilulissat	-14,3	-17,0	-16,6	-5,8	0,3	6,8	8,2	7,0	3,1	-3,0	-5,2	-6,8	-3,6
Qeqertarsuaq	-9,2	-14,5	-13,9	-4,9	0,0	5,7	7,0	6,4	3,1	-1,4	-3,5	-5,4	-2,5
Uummannaq	-14,5	-18,3	-18,9	-8,5	-1,4	5,5	7,6	6,8	2,9	-3,0	-5,4	-7,5	-4,6
Upernavik	-16,7	-21,5	-20,3	-10,8	-3,4	4,5	5,5	5,7	1,9	-3,8	-6,3	-8,3	-6,1
Qaanaaq	-18,1	-22,9	-20,6	-11,2	-3,3	4,8	6,6	4,6	-0,4	-8,3	-10,2	-15,1	-7,8
Ammassalik	-7,4	-6,6	-7,2	-2,7	1,1	4,2	6,5	6,3	4,1	-0,4	-2,9	-5,9	-0,9
Illoqqortoormiut	-14,7	-14,3	-13,5	-8,8	-2,5	2,5	5,3	4,4	0,3	-6,1	-8,6	-17,0	-6,1

Da den højeste middel udetemperatur ses at være 10,5°C (Narsarsuaq, Juli) kan fyringssæsonen antages, at være hele året, jf. den danske definition, hvor døgn middel udetemperaturen tre dage i træk skal have oversteget 12 °C for at fyringssæsonen slutter.

På figur 2 ses gradtimetallet, beregnet ved en indetemperatur på 20°C, for de samme byer, som angivet i tabel 1.

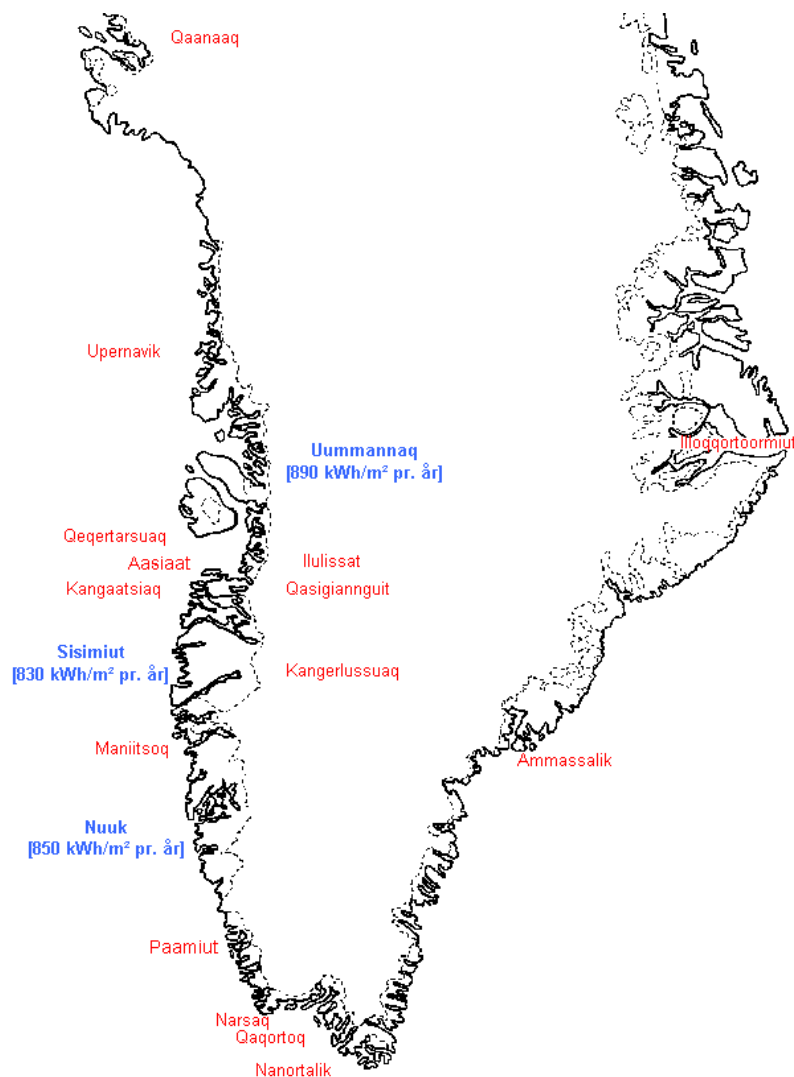


Figur 2: Graddimetral i enheden [kKh] for alle byer samt Kangerlussuaq og Narsarsuaq beregnet ved en indetemperatur på 20°C. Ønskes i stedet graddimetral ved en indetemperatur på 19°C skal værdierne fratrækkes ca. 9 kKh.

2.2 Solindfald

Solindfaldet gennem vinduer påvirker bygningens energibalance med et positivt bidrag. For at estimere gode og pålidelige månedsmiddelværdier for solindfaldet kræves 10-12 års stabile målinger af globalstrålingen. Til projektet er der indhentet måledata for byerne Nuuk (8 år), Sisimiut (7 år) og Uummannaq (11 år).

Ved en større statistisk analyse af dataene er der udvalgt/sammensat et helt år af de mest repræsentative måneder. Efterfølgende er solindfaldet på flader med forskellig orientering og hældning beregnet (Se /2/). Resultaterne fremgår af tabel 2 til tabel 4. Afhængigt af om der er sne eller ej, er der benyttet forskellige reflektanser til beregninger varierende fra 0,2 (jord), 0,4 (smeltende sne) til 0,7 (normal sne dække) /5/. Den anvendte reflektans for hver måned er angivet i tabellerne og er estimeret på baggrund af målt middel snedybde over en læggere årrække /6/. Forskellen i årligt solindfald (globalstråling) målt i disse tre byer varierer ca. 7 procent med størst indstråling i Uummannaq og mindst i Sisimiut. Der er dog en større forskel i månedsværdierne, hvilket fremgår af tabelværdierne. På figur 3 er de tre byer fremhævet med angivelse af årlig globalstråling.



Figur 3 Globalstråling i Nuuk, Sisimiut og Uummannaq

Tabel 2 Månedsmiddelværdier for solindfald i Nuuk

Nuuk	Månedsmiddelværdier for solindfald [MJ/m ²]												
	Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Reflektans	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	-
90° Nord	12	40	124	218	242	246	227	135	76	37	14	5	1376
90° Nordøst	12	42	140	252	287	310	254	158	98	39	14	5	1611
90° Øst	27	81	229	351	381	400	329	222	167	81	33	15	2316
90° Sydøst	79	160	368	463	440	417	373	271	263	176	114	54	3178
90° Syd	113	208	464	532	451	387	396	293	327	253	178	69	3671
90° Sydvest	88	162	409	542	461	399	433	309	297	214	146	46	3506
90° Vest	34	84	270	448	417	384	413	278	197	114	56	10	2705
90° Nordvest	12	43	156	309	318	307	314	198	107	46	15	5	1830
45° Nord	11	34	95	176	285	363	320	178	92	47	15	4	1620
45° Nordøst	11	37	124	236	348	422	348	219	128	50	15	4	1942
45° Øst	24	79	232	363	470	536	456	300	215	99	33	13	2820
45° Sydøst	63	144	362	486	557	593	539	364	313	180	95	41	3737
45° Syd	87	178	438	562	594	595	588	400	369	237	141	51	4240
45° Sydvest	70	146	394	555	579	573	599	400	340	209	118	35	4018
45° Vest	29	80	265	450	503	516	545	351	246	126	50	9	3170
45° Nordvest	11	38	140	294	377	410	420	260	141	58	15	4	2168
0° (horisontalt)	17	67	225	384	518	577	548	345	237	103	29	7	3057

Tabel 3 Månedsmiddelværdier for solindfald Sisimiut

Sisimiut	Månedsmiddelværdier for solindfald [MJ/m ²]												
	Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Reflektans	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	0,7	-
90° Nord	7	35	108	217	266	288	223	123	66	34	10	1	1378
90° Nordøst	7	38	139	280	305	322	263	157	90	36	10	1	1648
90° Øst	15	92	254	402	398	404	346	229	165	68	26	1	2400
90° Sydøst	59	201	405	506	468	430	387	296	248	137	89	2	3228
90° Syd	80	261	494	536	507	431	406	325	286	190	122	3	3641
90° Sydvest	58	194	421	507	528	461	437	315	239	159	89	2	3410
90° Vest	15	86	268	405	473	457	408	250	156	84	26	1	2629
90° Nordvest	7	38	142	282	351	367	301	168	87	38	10	1	1792
45° Nord	7	28	79	172	290	377	298	161	84	36	9	1	1542
45° Nordøst	7	32	117	258	348	414	344	211	119	40	9	1	1900
45° Øst	14	84	240	403	480	534	460	304	200	74	23	1	2817
45° Sydøst	45	171	378	520	586	607	544	384	281	134	70	2	3722
45° Syd	60	213	450	561	645	638	587	420	315	173	93	3	4158
45° Sydvest	45	165	391	521	644	642	592	401	274	150	70	2	3897
45° Vest	13	79	252	405	559	588	528	326	194	89	24	1	3058
45° Nordvest	7	31	122	260	407	461	395	227	116	42	9	1	2078
0° (horisontalt)	11	64	208	378	544	603	535	340	201	77	18	2	2981

Tabel 4 Månedsmiddelværdier for solindfald Uummanaq

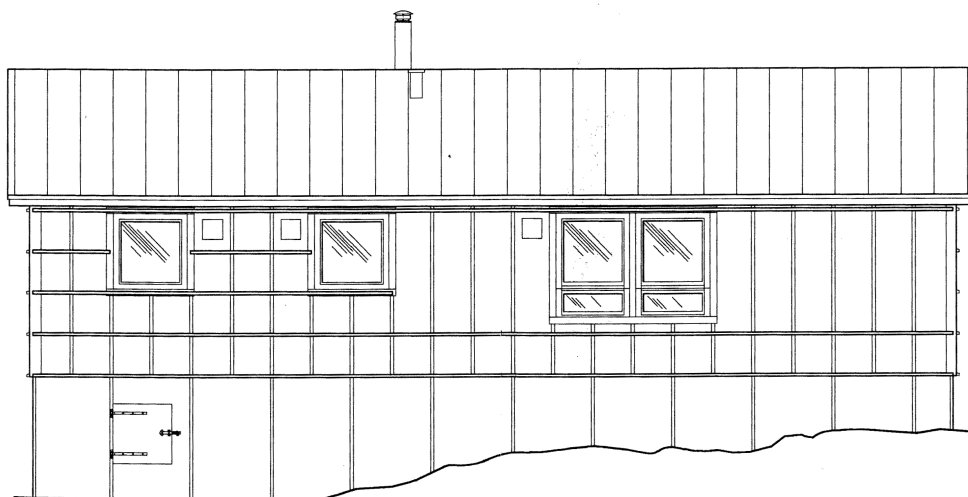
Uummanaq	Månedsmiddelværdier for solindfald [MJ/m ²]													
	Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	I alt
Reflektans	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,2	0,2	0,4	0,7	0,7	0,7	-
90° Nord	1	20	113	249	444	392	268	143	85	34	2	0	1751	
90° Nordøst	1	23	141	339	528	438	308	179	104	37	2	0	2100	
90° Øst	2	60	279	512	652	543	397	268	178	72	9	0	2972	
90° Sydøst	12	138	462	657	717	602	465	350	286	145	32	0	3866	
90° Syd	16	182	573	700	714	616	483	386	349	197	44	0	4260	
90° Sydvest	11	134	472	636	696	630	476	371	298	161	31	0	3916	
90° Vest	2	57	286	481	620	591	421	296	189	84	9	0	3036	
90° Nordvest	1	21	141	317	504	477	330	197	106	38	2	0	2134	
45° Nord	1	18	84	185	392	430	335	178	86	29	2	0	1740	
45° Nordøst	1	20	120	300	501	494	398	235	113	32	2	0	2216	
45° Øst	2	52	258	494	663	642	527	343	198	66	8	0	3253	
45° Sydøst	9	112	421	651	769	747	628	438	299	126	24	0	4224	
45° Syd	12	143	506	706	792	794	668	482	351	164	32	0	4650	
45° Sydvest	8	109	428	634	746	780	642	455	309	138	23	0	4272	
45° Vest	2	50	264	469	632	691	551	369	209	77	7	0	3321	
45° Nordvest	1	19	121	281	476	536	420	253	117	34	2	0	2260	
0° (horisontalt)	1	33	204	427	626	699	586	369	194	55	3	0	3197	

3 Bestemmelse af energiforbrug

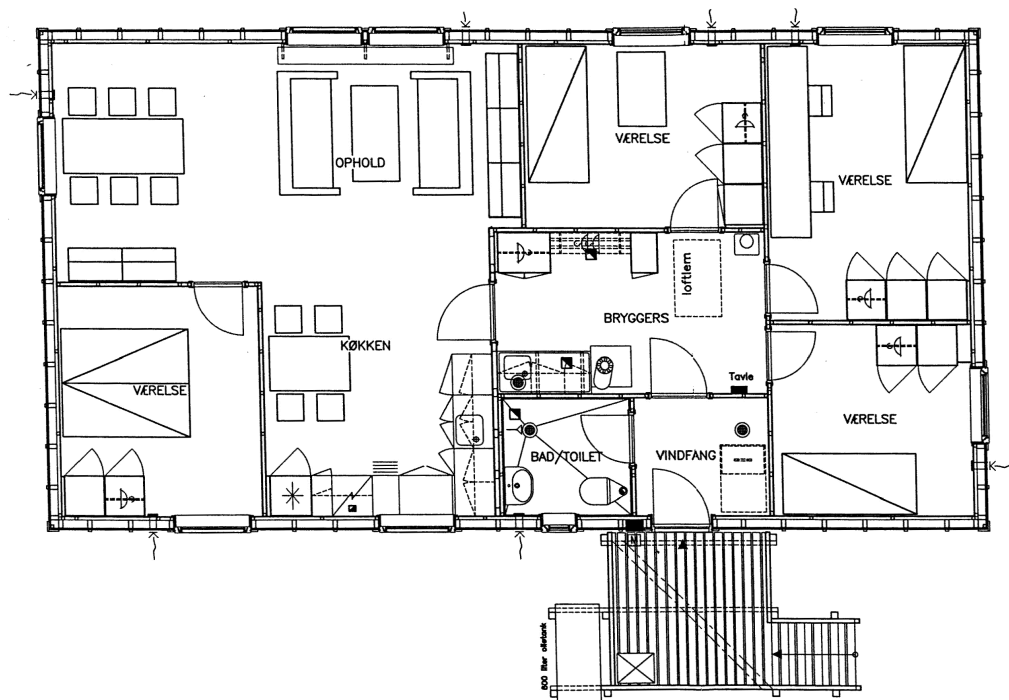
Energirammen for boliger inkluderer bygningens samlede energiforbrug til opvarmning, ventilation og køling pr. m² opvarmet etageareal pr. år. For at dokumentere at et byggeri opfylder energirammen, kan programmet BV98 benyttes. I programmet indtastes bl.a. bygningskonstruktionernes U-værdier, linietafsværdier og arealer, vinduernes orienteringer samt ventilationen i bygningen. Til beregningen benytter programmet månedsmiddelværdier for udetemperaturen og solindfaldet. For at kunne benytte BV98 programmet til grønlandske forhold, har det været nødvendigt at konstruere nye klimafilere (xxx.cli) med vejrdata til programmets database, samt foretage mindre ændringer i programkoden, således at fyringssæsonen udvides til alle årets måneder.

3.1 Simulering af referencehus med BV98

Selvbyggerhuset "Illorput 2000" (Type 4) /7/ er benyttet som reference til bestemmelse af niveauet for energirammerne. Huset er i ét plan og har et bruttoareal på 104 m². En facadetegning og en grundplan af huset ses på figur 4 og figur 5.



Figur 4 Facade af huset.



Figur 5 Grundplan af referencehus

En model af huset er opbygget i BV98. Husets klimaskærmskonstruktioner er valgt således, at disse netop opfylder U-værdi kravene i det kommende bygningsreglement /8/. U-værdi kravene er gengivet i tabel 5.

Tabel 5: U-værdi krav fra det grønlandske bygningsreglement.

	[W/m ² K]
Ydervægge med vægt under 100 kg/m ³	0,20
Ydervægge med vægt over 100 kg/m ³ og kældervægge mod jord	0,30
Skillevægge mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8°C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	0,40
Etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmede til en temperatur, der er mere end 8°C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	0,30
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum	0,20
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,15
Falde tage og skråvægge direkte mod tag	0,20
Vinduer og yerdøre, herunder ovenlys, glasvægge, porte og lemme mod det fri eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8°C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	1,80

Samlingen mellem fundament og ydervæg og mellem ydervæg og vindue skal udføres med et linietaf der højst må være hhv. 0,25 W/mK og 0,03 W/mK.

Linietabet ved ydervæggens hjørnesamlinger og ved samlingen mellem ydervæg og tag kompenseres der for ved at benytte udvendige mål jf. beregningsreglerne angivet i /9/.

Ifølge bygningsreglementet kræves et generelt luftskifte i boliger på mindst 0,5 gang i timen svarende til 0,35 l/s pr. m² ved en rumhøjde på 2,5. For køkken, bade- og wc-rum samt bryggers kræves desuden et luftskifte på hhv. 20, 15 og 10 l/s, hvilket med et netto gulvareal på ca. 95 m² giver et luftskifte på 0,47 l/s pr. m². Luftskiftet i dette beregningseksempel bliver således ca. 0,7 h⁻¹, idet dette er større end mindste kravet på 0,5 h⁻¹.

Hovedskema. Bygningers varmebehov	Eksempel: Selvbyggerhus
BYGNINGSDATA	
Bygningstype	Bolig
Rumtemperatur, °C	20,0
Opvarmet etageareal, m ²	104,0
Opvarmet bebygget areal, m ²	104,0
Antal etager	1
Normal brugstid, timer/uge	168
Klima	Sisimiut
VENTILATION	
Ventilation i brugstid, l/s m ²	0,47
Ventilation ubenyttet, l/s m ²	-
Beregningsmæssig ventilation, m ³ /s	0,049
Ventilation, W/K	59,1
VARMETAB	
Ydervægge, tage og gulve mod det fri, jord eller uopvarmede rum, W/K	58,4
Vinduer og yderdøre mod det fri eller uopvarmede rum, W/K	24,5
Ventilation, W/K	59,1
I alt, W/K	142,1
TIDSKONSTANT	
Varmekapacitet, Wh/K m ²	40,0
Tidskonstant, timer	29,3
INTERNT VARMETILSKUD	
Tilskud i brugstiden, W/m ²	5,0
Middel tilskud, W	520,0

VARMEBEHOV

Måned	Q _i (GJ)	Q _s (GJ)	Q _i (GJ)	Q _g (GJ)	γ	η	Q _h (GJ)
Januar	14,2	0,2	1,4	1,6	0,11	1,0	12,6
Februar	12,7	0,5	1,3	1,8	0,14	1,0	10,9
Marts	14,0	1,1	1,4	2,5	0,18	1,0	11,5
April	8,8	1,2	1,3	2,5	0,29	0,98	6,3
Maj	6,9	1,4	1,4	2,8	0,40	0,96	4,3
Juni	5,7	1,4	1,3	2,8	0,48	0,93	3,2
Juli	4,7	1,3	1,4	2,7	0,57	0,90	2,3
August	5,3	0,9	1,4	2,3	0,44	0,94	3,1
September	6,2	0,7	1,3	2,1	0,34	0,97	4,2
Oktober	7,6	0,4	1,4	1,8	0,24	0,99	5,9
November	9,5	0,3	1,3	1,6	0,17	1,0	7,9
December	10,7	0,0	1,4	1,4	0,13	1,0	9,3
I alt	106,3	9,4	16,4	25,8	0,3	0,97	81,4
Samlet varmebehov, GJ/år							81,4
Pr. m ² opvarmet etageareal, MJ/m ² år							783

Ydervægge, tage og gulve

Eksempel: Selvbyggerhus

Bygningsdel	A _T (m ²) l (m)	U(W/m ² K) Ψ (W/mK)	b(-)	H _T (W/K)
Ydervægge	93,0	0,20	0	18,6
Tag	95,2	0,15	0	14,3
Terrændæk	95,2	0,20	0	13,3
Ydervægsfundament	43,00	0,25	0	10,8
Samling omkring vinduer og døre	46,37	0,03	0	1,4
				58,4

Vinduer og yderdøre

Bygningsdel	Retn.	Hæld.	A _T m ²	U W/m ² K	b -	H _T W/K	F _s -	F _a -	F _g -	F -	Q _s (GJ)
Vindue (1)	N	90	1,30	1,8	0	2,34	0,9	0,62	0,9	0,502	0,51
Vindue (2)	N	90	1,30	1,8	0	2,34	0,9	0,62	0,9	0,502	0,51
Vindue (3)	N	90	0,28	1,8	0	0,50	0,9	0,29	0,9	0,235	0,05
Yderdør (4)	N	90	1,92	1,8	0	3,46	0,9	0	0	0	0
Vindue (5)	V	90	1,30	1,8	0	2,34	0,8	0,62	0,9	0,446	0,95
Vindue (6)	S	90	1,30	1,8	0	2,34	0,8	0,62	0,9	0,446	1,33
Vindue (7)	S	90	1,30	1,8	0	2,34	0,8	0,62	0,9	0,446	1,33
Vindue (8)	S	90	1,81	1,8	0	3,26	0,8	0,64	0,9	0,461	1,92
Vindue (9)	S	90	1,81	1,8	0	3,26	0,8	0,64	0,9	0,461	1,92
Vindue (10)	Ø	90	1,30	1,8	0	2,34	0,8	0,62	0,9	0,446	0,85
			13,6			24,5					9,4

3.2 Resultater

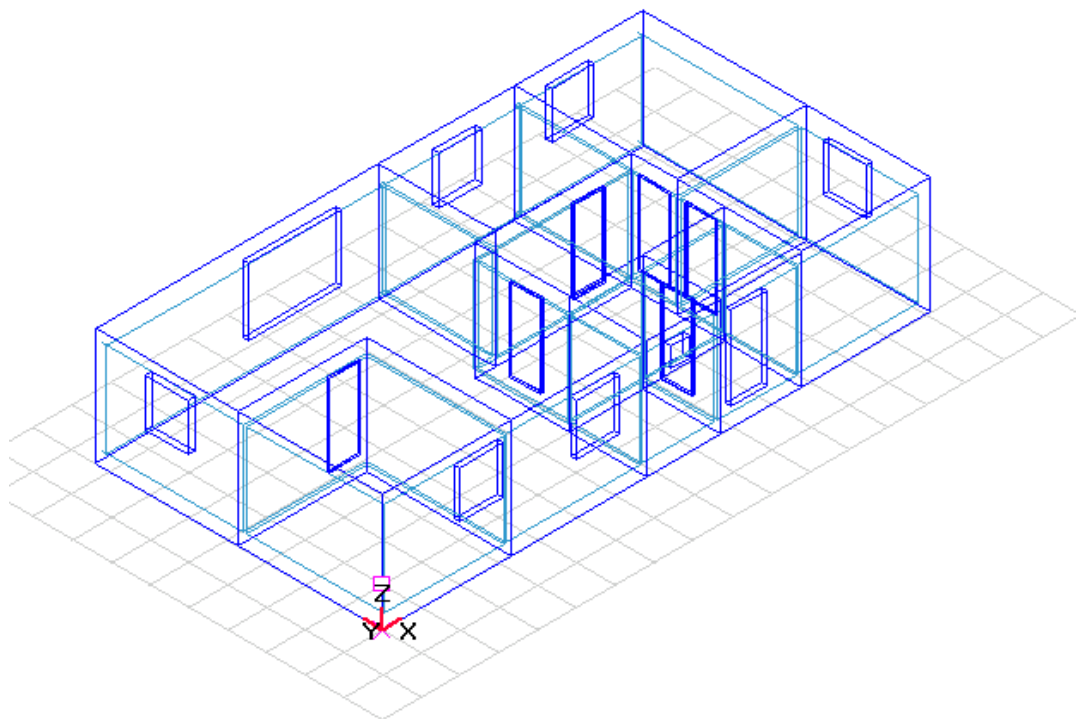
Beregningen af referencehusets varmebehov med BV98 er vist i tabel 6 for placeringer i de største grønlandske byer. Beregningen er udført med middelværdier for udetemperaturen som angivet i tabel 1. De benyttede solstrålingsdata ved beregningen af varmebehovet, er for hver by angivet til højre i tabellen.

Tabel 6: Simuleringsresultater fra BV98 sorteret efter stigende varmebehov

Bynavn	Varmebehov		Solindfald fra by
	[MJ/m ²]	[kWh/m ²]	
Nanortalik	599	166	Nuuk
Narsaq	600	167	Nuuk
Narsarsuaq	615	171	Nuuk
Qaqortoq	616	171	Nuuk
Paamiut	665	185	Nuuk
Ammassalik	688	191	Nuuk
Maniitsoq	693	192	Nuuk
Nuuk	698	194	Nuuk
Qeqertarsuaq	746	207	Uummannaq
Ilulissat	795	221	Uummannaq
Kangaatsiaq	806	224	Uummannaq
Qasigiannugit	809	225	Uummannaq
Sisimiut	811	225	Sisimiut
Aasiaat	812	225	Uummannaq
Uummannaq	835	232	Uummannaq
Kangerlussuaq	876	243	Sisimiut
Illoqqortoormiut	902	251	Uummannaq
Upernavik	903	251	Uummannaq
Qaanaaq	980	272	Uummannaq

4 BSim2002

For at kontrollere BV98 beregningen, er der opbygget en detaljeret model af referencehuset i simuleringprogrammet BSim2002 /10/. Programmet foretager vha. et referencevejrdataår en dynamisk simulering af varmebehovet og indeklimaet i en bygning. Et referencevejrdataår er tidligere konstrueret for Sisimiut og giver dermed mulighed for at teste den simple BV98 beregning. På figur 6 ses simuleringmodellen i BSim2002.



Figur 6 Simuleringsmodel af selvbyggerhus i BSim2002.

Klimaskærmskonstruktionerne er opbygget således, at disse netop overholder U-værdi kravene i bygningsreglementet (Tabel 5). Linietabet ved fundament og omkring vinduer indgår ikke direkte i BSim2002 modellen, hvorfor der er beregnet en ækvivalent U-værdi for ydervægskonstruktionerne på følgende måde:

$$U_{\text{æk}} = U_{\text{væg}} + \Delta U = U_{\text{væg}} + \frac{\Psi_f \cdot l_f + \Psi_v \cdot l_v}{A_{\text{væg}}}$$

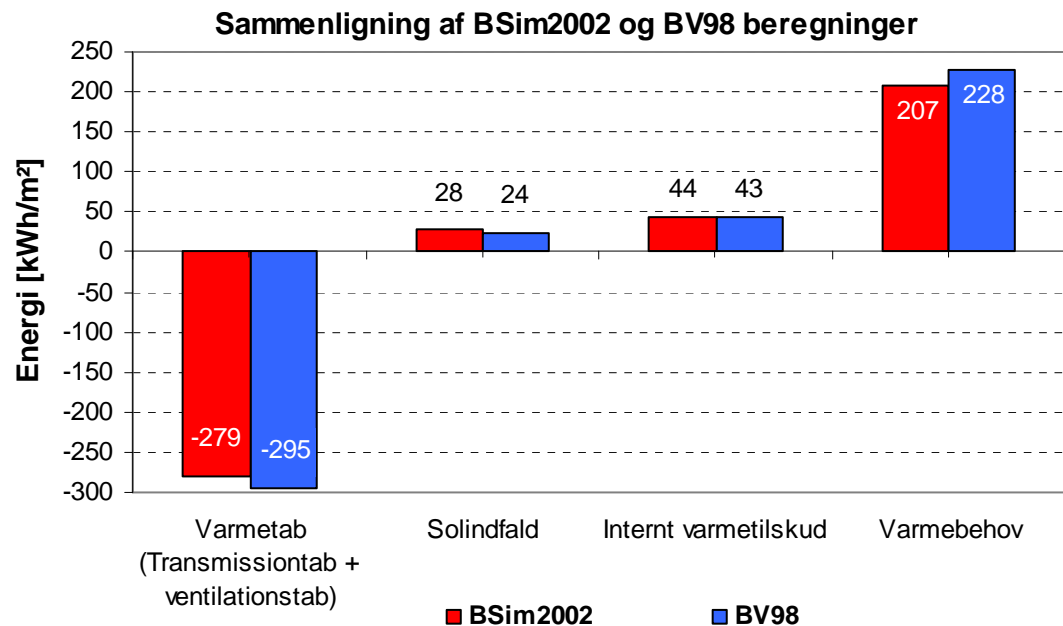
hvor

$U_{\text{æk}}$	Den ækvivalente U-værdi for ydervæggen	[W/m ² K]
$U_{\text{væg}}$	U-værdien for væggen	[W/m ² K]
ΔU	U-værdi tillægget	[W/m ² K]
Ψ_f	Linietafskoefficienten ved fundament/ydervæg	[W/mK]
Ψ_v	Linietafskoefficienten ved vindue/ydervæg	[W/mK]
l_f	Længden af samlingen mellem fundament og ydervæg	[m]
l_v	Mur hullets perimeter	[m]
$A_{\text{væg}}$	Arealet af ydervæggen eksklusiv evt. vinduer og døre	[m ²]

Ventilationen er simuleret svarende til de tidligere beskrevne volumenstrømme for køkken, bad og bryggers på hhv. 20, 15 og 10 l/s. For at resultatet kan være sammenligneligt med BV98 beregningen er opvarmningssystemets setpunktstemperatur sat til 20°C i alle rum, og der er benyttet et gennemsnitligt internt varmetilskud på 5 W/m² i alle rum.

4.1 BV98 vs. BSim2002

På figur 7 ses en sammenligning af de væsentligste energistrømme i de to beregningsprogrammer.



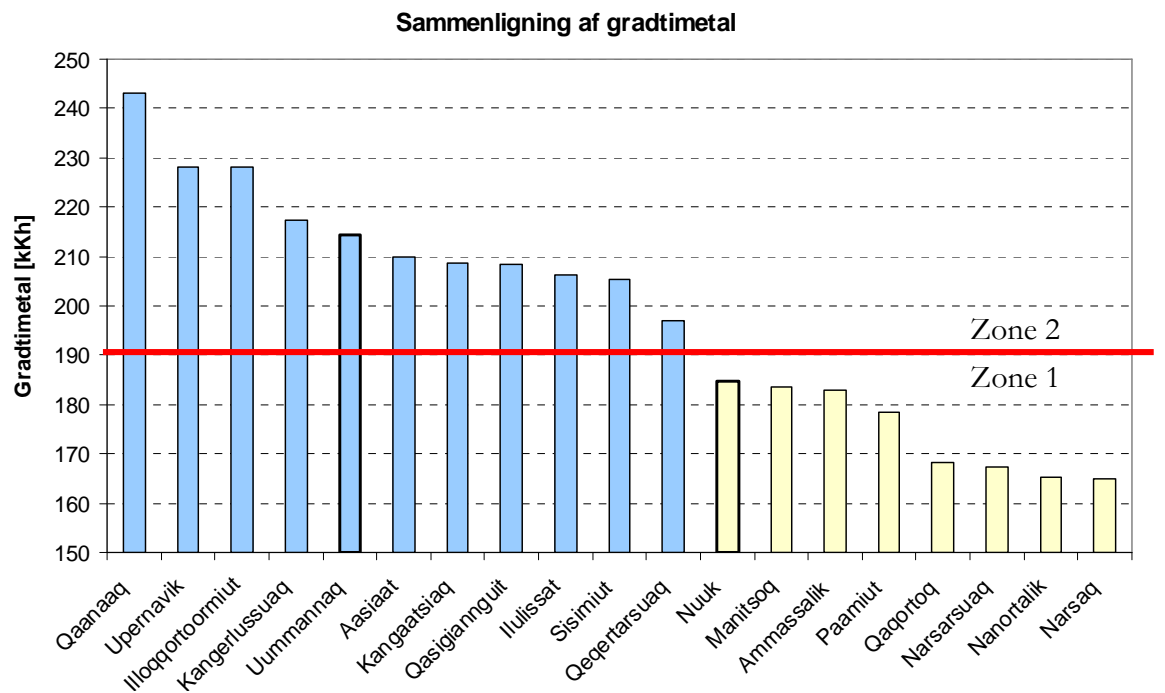
Figur 7 Sammenligning af energistrømmene i BSim2002 og BV98 beregningerne. Beregningerne er udført ved brug af vejrdata fra Sisimiut og en model af selvbyggerhuset Illorput2000.

Det ses, at der er en god overensstemmelse mellem de to programmer og det kan derfor konkluderes, at BV98 er et godt og simpelt værktøj til kontrol af om en bygning opfylder kravet til energirammen.

Det skal desuden bemærkes, at der er en lille forskel i beregnet varmebehov for Sisimiut angivet i tabel 6 og på figur 7. Forskellen skyldes at der i BV98 simuleringen er benyttet middelværdier for udetemperaturen beregnet ud fra referencevejrdataåret. Da referencevejrdataåret er sammensat af specifikt udvalgte måneder vil der være en mindre forskel (ca. 3 kWh/m² pr. år).

5 Energirammer

Følgende forslag til implementering af energirammer i det nye grønlandske bygningsreglement er, som tidligere nævnt, tilstræbt at være simpel og let anvendelig. På figur 8 ses gradtismetallet sorteret efter faldende værdi for alle grønlandske byer samt Kangerlussuaq og Narsarsuaq. Det foreslås, at der kun benyttes to geografiske zoner med tilhørende energirammer. Grænsen mellem de to zoner sættes ved et gradtismetal på 190 kKh, som ses, at være et naturligt skel og tæt på middelværdien (196 kKh), idet der ses bort fra Qaanaaqs høje gradtismetal på 243 kKh (befolkning mindre end 2 % jf. figur 1).



Figur 8 Gradtismetallet for de grønlandske byer samt Kangerlussuaq og Narsarsuaq sorteret efter faldende værdi. Gradtismetal beregnet ved en indetemperatur på 20°C.

Energirammernes størrelse fastlægges efter varmebehovet, beregnet for byerne Nuuk og Uummannaq, med det tidligere beskrevne referencehus. Energirammerne for boliger foreslås at have følgende værdier:

Tabel 7 Forslag til energirammer

Antal etager	Zone 1		Zone 2	
	MJ/m ²	kWh/m ²	MJ/m ²	kWh/m ²
1	700	~194	835	~232
1 1/2	620	~172	745	~207
2	540	~150	650	~181
3	515	~143	620	~172
4	490	~136	595	~165
5	475	~132	575	~160

Energiramens størrelse for fleretagebygninger er fundet ved at multiplicere ydervægsarealerne, vinduesarealerne og linietabene (ved vindue/mur) i BV98 modellen med antallet af etager.

Det skal pointeres at referencehusets varmebehov er beregnet ud fra kravet om en volumenstrøm på ventilationen i følgende rum på:

Køkken	20 l/s
Bade- og wc-rum	15 l/s
Bryggers	10 l/s

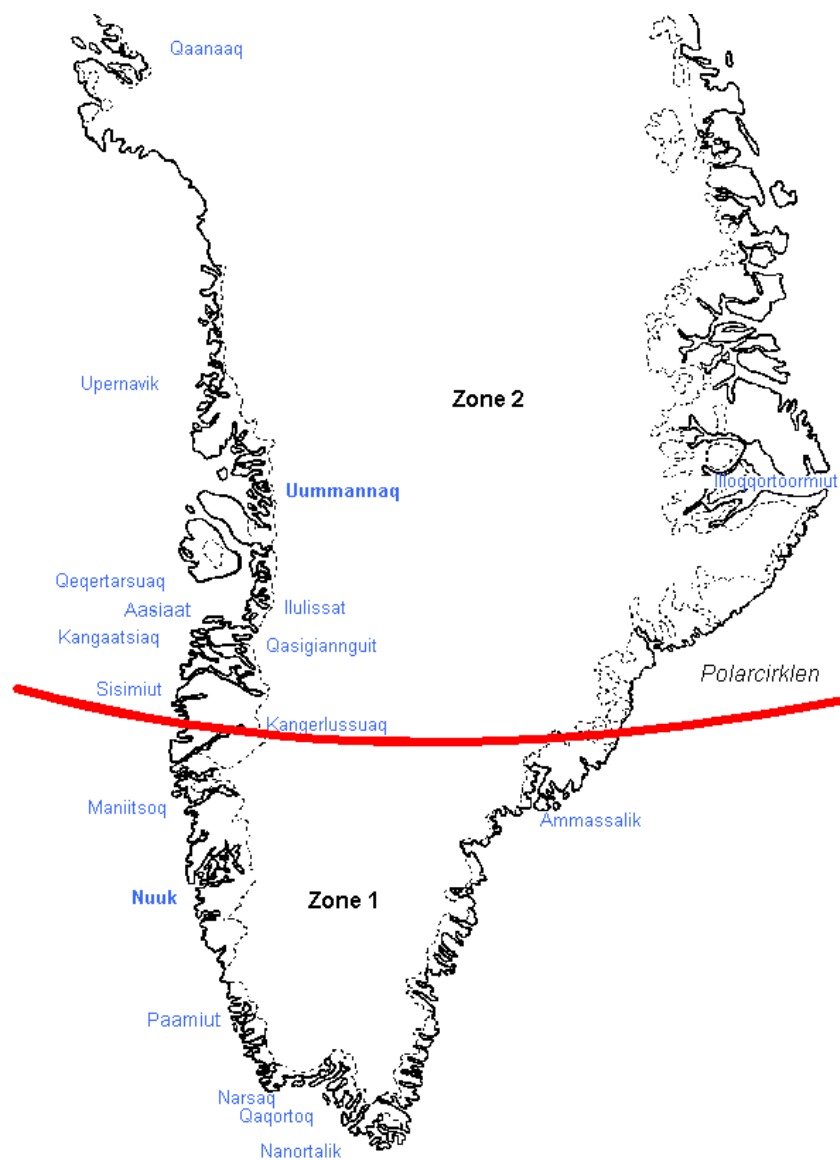
Eftervisning af energirammen for et givet byggeri, skal således også opfylde disse krav, og ikke kun opfylde kravet om et samlet mindste luftskifte på $0,5 \text{ h}^{-1}$.

På baggrund af ovenstående foreslås det, at energirammerne implementeres i bygningsreglementet ved følgende zoneinddeling:

Zone 1: Syd for polarcirklen

Zone 2: Nord for polarcirklen

Zoneinddelingen er vist på figur 9.



Figur 9 Zoneinddeling af Grønland mht. til energirammer

5.1 Eftervisning af energiramme

Eftervisning af energirammen for placeringer i zone 1 (syd for polarcirklen) sker ved brug af månedsmiddeltemperaturer for Nuuk og ved brug af solindstrålingsdata angivet i tabel 2. For zone 2 (nord for polarcirklen) benyttes månedsmiddeltemperaturer for Uummannaq samt solindstrålingsdata fra tabel 4. I tabel 8 er vist de foreslåede månedsmiddeltemperaturer, der kan benyttes ved energirammeberegningen for de to zoner.

Tabel 8 Månedsmiddeltemperatur for zone 1 og 2

Middel udetemperatur [°C]	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Zone 1	-8,4	-9,9	-8,9	-2,1	1,2	5,1	6,7	6,4	4,0	-0,1	-3,0	-4,8
Zone 2	-14,5	-18,3	-18,9	-8,5	-1,4	5,5	7,6	6,8	2,9	-3,0	-5,4	-7,5

Referencer

- /1/ Simuleringsprogram BV98, Bygningers varmebehov 98, Version 2, 2, 8, 2.
Statens byggeforskningsinstitut, 1998 – 2002.
- /2/ Vejrdatabase, Nuuk, Uummannaq, Svend Svendsen, Toke
Rammer Nielsen, Jesper Kragh, Danmarks Tekniske Universitet,
BYG ·DTU, November 2002.
- /3/ Statistisk Årbog, Grønland 2000, Grønlands Statistik.
- /4/ Grønlands Statistik, <http://www.statgreen.gl>, Oktober 2002.
- /5/ Sustainable Energy Systems in Arctic and other Sparsely Populated Areas,
Simon Furbo, Danmarks tekniske Universitet, BYG ·DTU, 2002.
- /6/ Technical report 00-18, Danish meteorological Institute, The Observed
Climate of Greenland, 1958-99-with Climatological Standards Normals,
1961-90, John Cappelen, Bent Vraae Jørgensen, Ellen Vaarby Laursen,
Lotte Slighting Stannius og Rikke Sjølin Thomsen., Copenhagen 2001.
- /7/ Illorput 2000, Sanati A/S, Arkitekt-Ingeniørfirma, 3911 Sisimiut
- /8/ Forslag, Grønlands Bygningsreglement 2002, 11.01.2002
- /9/ DS 418 – 6.udgave 2002, Beregninger af bygningers varmetab,
Dansk Standard.
- /10/ BSim2002, version 3, 2 , 8, 19, Danish Building and Urban Research,
2970 Hørsholm, Denmark, 2002.