

ISOLERING OG VEDVARENDE ENERGI.

EN ANALYSE AF KLIMAETS INDFLYDELSE.

AF

LIC. TECHN. ANKER NIELSEN

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING, DTH.



SEPTEMBER 1978.

MEDDELELSE NR. 75.

Isolering og vedvarende energi

Lic.techn. Anker Nielsen
Laboratoriet for Varmeisolering, DtH.

En analyse af klimaets indflydelse.

Indledning

Denne artikel beskriver resultaterne af beregninger af bygningers varmebehov, samt energitilskud fra vedvarende energi (sol og vind). Det er en kendt sag, at varmebehovet til opvarmning af bygninger varierer fra år til år afhængig af klimaet. På ganske tilsvarende måde vil sol- og vindenergiens størrelse variere. Denne variation kan få væsentlig betydning ved en vurdering og dimensionering af energisystemer, idet en dimensionering på grundlag af middelværdier kan give varmetilskud, som ikke kan opnås hvert år.

Ud fra energiøkonomiske hensyn vil det være uheldigt, hvis en større udbredelse af solvarme eller vindenergianlæg giver anledning til større svingninger i den danske energiimport (f.eks. olie, kul og gas) end man har i dag. Det vil dels kræve større energilagres dels en reservekapacitet i dårlige år f.eks. i form af elektricitet.

Mit oprindelige udgangspunkt var en undersøgelse af energiforbrugets variation til bygningers opvarmning, hvor både temperaturer og solindfald influerer. Dette gav anledning til nogle overvejelser om, hvordan de enkelte klimaparametre varierer. Herfra var der ikke langt til denne sammenligning mellem isolering og vedvarende energi. De beregnede resultater er søgt opstillet, så de kan anvendes af andre.

Klimadata

De anvendte klimadata er 15 års observationer hver time året igennem. Observationerne stammer dels fra Flyvestation Værløse dels fra Højbakkegård i Tåstrup. I øvrigt er de 11 af årene de samme, som er anvendt ved udvælgelse af Referenceåret. En nærmere beskrivelse af observationerne findes i litt. [1]. De til analy-

sen anvendte klimadata stammer fra et materiale, som skal anvendes til udgivelse af en vejrdatabog for byggeri, indeklimate og solvarmesystemer. Denne opstilles i samarbejde mellem lab. for Varmeisolering, Statens Byggeforskningsinstitut, Meteorologisk Institut og rådgivende ingeniører. Da klimaoplysningerne endnu ikke er helt gennemarbejdede, kan der forekomme mindre afvigelser mellem beregningerne i denne analyse og de resultater, som kan udlæses af de endelige klimadata. Men ingen af disse afvigelser vil kunne medføre ændringer i analysens konklusion.

Sammen med beregninger for de enkelte år er der udført beregninger med Referenceåret, som gerne skulle svare til et middelår. Men det skal bemærkes, at udvælgelsen af klimadata til Referenceåret først og fremmest er foretaget ud fra ønsket om at få den korrekte middeltemperatur, samt derefter et rimeligt antal solskinstimer.

Varmebehov

Beregningen er foretaget for en konstruktion med et varmetab på 100 W/°C og med en indetemperatur på 21°C. Derved vil varmebehovene svare til temperaturforskellene mellem inde og ude. Der indgår ikke i beregningerne noget om gratisvarme eller solindfald på konstruktionen.

I tabel 1 er en oversigt over de beregnede varmebehov i kWh, dels for enkelte måneder og dels for årene som helhed. Desuden er angivet de udfra de 15 år beregnede middelværdier for varmebehovene, samt spredningen på disse. Hvis man betragter en enkelt måned f.eks. januar, vil man finde, at varmebehovet varierer mellem 1444 kWh og 2029 kWh med en middelværdi på 1628 kWh. Denne middelværdi er noget højere end Referenceårets varmebehov på 1549 kWh. Til gengæld er Referenceårets december måned højere end gennemsnittet. Hvis man betragter hele året er Referenceårets varmebehov 2,1 % lavere end middelværdien, men ser man kun på varmesæsonen (1/10 til 31/3), så er forskellen kun 0,6%. Denne forskel må siges at være uden betydning.

De mest interessante værdier er middelværdier og spredninger for de enkelte måneder og hele året. Det fremgår, at spredningen er størst i månederne med det største varmebehov, men hvis man betragter spredningen i % af middelværdien, vil man opdage, at

man i januar har 9%, mens man i august har 17%. Det vil altså sige, at klimavariationerne er størst om sommeren. Dette er meget heldigt, idet man i denne periode i praksis ikke bruger energi til opvarmning af bygninger p.g.a. tilskud fra solindfald og personer. For varmebehovet for hele året vil man finde, at spredningen udgør 5% af middelværdien, dvs. at på årsbasis vil variationerne fra måned til måned jævnes ud. Der er altså meget ringe sandsynlighed for store variationer i opvarmningsbehovet set på årsbasis.

Solindfald

Beregningen er foretaget for solindfaldet på en sydvendt flade med 45° hældning, svarende til, hvad der vil være mest fordelagtigt for en solfanger. Beregningen er sket på Laboratoriet for Varmeisoleringens program (SVS) til beregning af solvarmeanlæg, som er anvendt i litt. [2].

Af tabel 2 fremgår de beregnede solindfald i kWh dels for de enkelte måneder og dels for de enkelte år. Desuden er der foretaget en beregning med Referenceåret (REF. ÅR). Det modificerede Referenceår (MOD. REF) angiver et Referenceår [1], hvor den direkte stråling er nulstillet på visse dage i januar, marts, april og december for at formindske solindstrålingen. Det har været nødvendigt, idet værdierne fra disse 4 måneder var alt for høje. Definitionen af det modificerede Referenceår fremgår af Referenceårsrapporten [1] appendix 5.

For januar måned har man i 15 års perioden fået solindfald mellem 139 kWh og 704 kWh, dvs. meget store variationer. Dette afspejler sig også klart i spredningen, som udgør 43% af middelværdien. Der er tilsvarende store variationer i alle vintermånederne. Det vil sige, at der er en meget stor variation i de solindfald man vil få i forskellige år, samt at en sammenligning af tallene viser, at en måned med lille solindfald har lige stor sandsynlighed for at blive fulgt af en måned med solindfald under middel som over middel. Sammenligner man Referenceåret med middelværdien, har månederne december til april væsentlig større solindfald end middelværdi. En beregning af solvarmeanlæg til opvarmning af bygninger med Referenceåret vil der-

for blive helt urealistisk. Det må derfor være bedre at beregne på grundlag af det modificerede Referenceår, men stadigvæk giver februar, marts og april for store solindfald.

En beregning af solvarmeanlæg på grundlag af middelværdierne af solindfaldet er en mulighed, men man skal huske, at dette medfører, at man i 50% af årene ikke vil opnå det udbytte som beregningerne viser. Jeg vil derfor foreslå, at man ved dimensionering af solvarmeanlæg angiver med hvilken forsyningssikkerhed, beregningerne er foretaget. Med forsyningssikkerhed på f.eks. 75% mener jeg, en beregning med et solindfald som i 75% af årene kan opnås. Dette vil jeg vende tilbage til i en senere artikel [3].

Hvis man betragter sommerperioden, fremgår det, at spredningen udgør omkring 11% af middelværdien, dvs. variationerne fra år til år er langt mindre end for vinterperioden. Samtidig har Referenceåret i månederne maj til august lavere solindfald end, hvad der svarer til middelværdien. Dette medfører, at en beregning ved brug af Referenceåret til solvarmeanlæg til varmt vand om sommeren vil være væsentlig bedre dimensioneret end anlæg til dækning af opvarmning. Men stadig må man være klar over, at ved anvendelse af Referenceåret er der en række år, hvor systemet ikke kan levere det beregnede. Det vil blive behandlet i [3].

Ser man årsvariationerne i solindfaldet vil man bemærke, at variationerne ikke er så store fra år til år. Men man må samtidigt huske på, at det ved et solvarmeanlæg ikke er ligegyldigt, på hvilket tidspunkt solindfaldet kommer, idet en langtidsopbevaring af energi er kostbar og medfører væsentlige energitab.

Vind

Vindens energiindhold $[kWh/m^2]$ for hver måned er beregnet til $Q = 0,000625 \cdot \sum_{t=1}^n V_t^3$, hvor V_t er vindhastigheden $[m/sek]$ i en time og n er antallet af timer i måneden.

Resultatet af beregningen fremgår af tabel 3, hvor også energiindholdet i Referenceåret er beregnet. Desuden er beregnet middelværdien og spredningen. Hvis man betragter en enkelt måned,

f.eks. januar, vil man bemærke meget store variationer fra 49 til 270 kWh/m². Det fremgår også af, at spredningen udgør 42% af middelværdien. Der er altså meget store variationer i energien, som man kan få fra vindenergianlæg.

Ser man på variationerne på vindens energiindhold i de enkelte år, vil man bemærke, at der også her er store variationer. Der eksisterer altså vindrige og vindfattige år. Derfor er det urealistisk at regne med en større procentdel af elektriciteten produceret fra vindkraftanlæg.

En anvendelse af Referenceåret til dimensionering af vindenergianlæg er meget uheldig, idet visse måneder er meget ekstreme. Dette har ATV's vindrapport [4] også konkluderet på grundlag af målinger på Risø.

Sammenligning

Som sammenligningsgrundlag er valgt varianskoefficienten, som er spredningen divideret med middelværdien. Resultatet fremgår af fig. 1. Varianskoefficientens størrelse er et mål for hvilken sikkerhed, som fås. Lille varianskoefficient betyder, at størrelsen kun er lidt afhængig af klimavariationerne. Stor varianskoefficient betyder, at der er stor afhængighed af klimavariationerne.

Fig. 1. er optegnet med en gentagelse af halvdelen af året, så det er lettere at se, hvordan forholdene ser ud sommer og vinter. De optegnede kurver er beregnet på grundlag af tabel 1 til 3. For varmebehovet fremgår det, at varianskoefficienten er mindst (omkring 0,1) om vinteren og størst om sommeren (op til 0,2). Dette er meget fordelagtigt set ud fra forsyningssikkerheden, idet varmebehovet er mest konstant i vinterperioden, hvor der er et stort varmebehov. At der er en større variation om sommeren, betyder ikke ret meget, idet varmebehovet er ret ringe. Under normale omstændigheder vil varmetilskud fra personer, husholdningselektricitet og solindfald gennem vinduer uden videre kunne dække dette varmebehov også i dårlige år.

De 2 andre kurver for solindfald og vindenergi kan sammenlignes med varmebehovet, når man forudsætter, at det tilskud, som man opnår, anvendes til bygningsopvarmning. Det er klart, at tilskud svarende til tabel 2 og 3 ikke kan opnås, idet der ved udnyttelsen

af disse vedvarende energiformer normalt fås en effektivitet på ca. 25%. Dvs. 25% af tabelværdien giver de virkelige tilskud. Men dette forhold vil ikke påvirke varianskoefficienten, der vil være tilnærmelsesvis den samme, idet de optegnede kurver jo direkte er et mål for klimavariationerne.

For solindfaldet fås den mindste varianskoefficient (omkring 0,1) om sommeren, hvor der er meget sol. Til gengæld bliver varianskoefficienten stor i vintermånederne (op til 0,43). Det vil sige, at et tilskud fra solen i vintermånederne er meget usikker. Samtidigt fortæller tallene, at et tilskud om sommeren til f.eks. varmt vand vil kunne fås med ganske god sikkerhed. For vindenergien vil man bemærke, at varianskoefficienten varierer mellem 0,3 og 0,6 hele året igennem, svarende til at vindenergien er behæftet med den samme usikkerhed hele året.

Konklusion

Idet det forudsættes, at der sammenlignes mellem

1. en nedsættelse af varmebehovet med 100 kWh ved isolering
2. et tilskud fra solenergi på 100 kWh til opvarmning
3. et tilskud fra vindenergi på 100 kWh til opvarmning

indenfor fyringssæsonen (1/10-31/3), samt at der for alle varmemængderne er regnet med, at der dimensioneres på grundlag af 15 års middelværdier.

En sammenligning for fyringssæsonen fremgår af tabel 4, der viser at isolering har den mindste variation 6%, mens tilskud fra solenergi (11%) og vindenergi (32%) er langt mere usikre. Det vil altså være det fornuftigste at varmeisolere bygninger bedre, hvis man vil nedsætte varmebehovet i fyringssæsonen. En anden mulighed er at dimensionere sol- og vindenergi efter et dårligere år og dermed få større sikkerhed, men dette vil formentlig give ganske uøkonomiske anlæg. For solenergien har man hidtil valgt at di-

mentionere på grundlag af Referenceåret, som er klart alt for gunstigt i varmesæsonen (afvigelse 23%). Selv det modificerede Referenceår er for gunstigt (12%). En ny modifikation for solindfaldet i fyringssæsonen er derfor nødvendig.

En sammenligning for sommerperioden viser at solenergi giver den største sikkerhed, men da varmebehovene til opvarmning er ringe, er der ikke basis for til varmetilskud at anvende andet end vinduerne. I sommerperioden er der brug for energi til opvarmning af varmt vand, og hertil er solenergien en gunstig løsning, hvis den ellers er økonomisk.

Denne korte analyse af klimaets indflydelse viser, at det er bedst at isolere bygninger. Samt at anvendelsen af vedvarende energi vil medføre større svingninger i energibehovet. En anden vigtig faktor er den økonomiske, som ikke er medtaget her. Denne vil nok også medføre, at isolering er det mest fordelagtige. Jeg håber, at denne artikel kan medvirke til, at brugere og købere af anlæg med vedvarende energi fremover vil få et mere realistisk billede af hvilke energimængder der kan opnås.

Litteratur:

- [1] B. Andersen m.fl.: Vejrdata for VVS-tekniske beregninger. Referenceår. SBI-rapport nr. 89. Ny udgave 1977.
- [2] H. Lawaetz: Beregning af et solvarmesystem. Lab. for Varmeisolering. Medd. nr. 40, 1975.
- [3] A. Nielsen: Solvarmeanlægs dimensionering. Under publicering, 1978.
- [4] M. Johansson: Mindre vindkraftanlæg til varmeproduktion. ATV's Vindenergiudvalg. Bilagssamling, 1975.

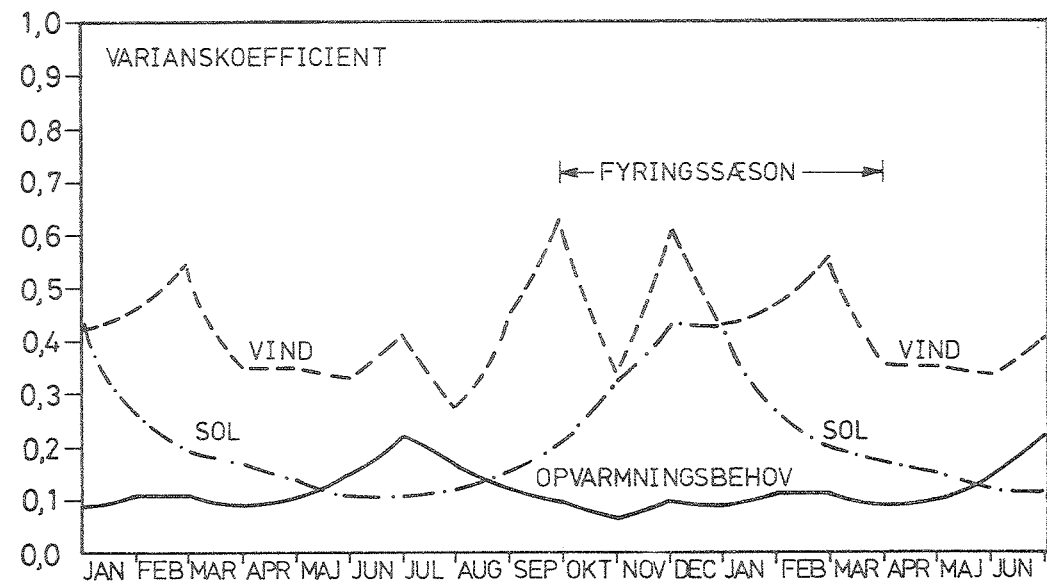


Fig. 1. Sammenligning af variationerne på grund af klimaet.

	VARMEBEHOV (kWh)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	ÅRET
REF.ÅR	1549	1438	1411	1100	715	375	356	377	526	879	1150	1589	11465
1959	1561	1385	1266	986	732	452	253	280	562	896	1122	1376	10871
1960	1635	1521	1410	1099	691	398	427	377	594	950	1107	1383	11590
1961	1546	1207	1172	947	772	375	454	470	495	722	1221	1586	10967
1962	1444	1350	1597	1036	895	540	494	522	651	879	1229	1706	12343
1963	2029	1761	1604	1148	680	395	356	405	576	899	1028	1659	12539
1964	1563	1434	1579	979	669	463	430	448	607	990	1150	1477	11790
1965	1492	1524	1504	1085	887	442	533	470	526	922	1392	1520	12297
1966	1781	1529	1366	1267	709	363	374	469	608	861	1229	1452	12007
1967	1603	1282	1188	1111	715	513	327	361	520	765	1130	1559	11075
1968	1707	1480	1282	971	861	373	449	345	515	895	1143	1608	11628
1969	1572	1553	1603	1127	791	407	301	298	494	818	1203	1739	11906
1970	1764	1688	1560	1263	752	327	425	386	656	937	1194	1436	12388
1971	1568	1289	1518	1086	687	530	339	345	667	891	1208	1231	11360
1972	1666	1373	1347	1067	754	499	285	394	736	979	1128	1288	11515
1973	1496	1255	1227	1155	737	418	293	401	594	1063	1287	1491	11418
MIDDEL	1628	1442	1415	1088	755	432	382	398	586	898	1184	1501	11713
SPREDNING	147	159	161	97	74	65	83	68	71	86	86	146	531

Tabel 1.

Varmebehovet for en bygning med et varmetab på 100 W/°C

	SOLINDFALD PÅ 10m ² (kWh)												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	ÅRET
REF.ÅR	524	723	1222	1435	1478	1576	1536	1277	1051	671	380	426	12299
MOD.REF	366	723	1117	1356	1478	1576	1536	1277	1051	671	380	334	11864
1959	441	469	1001	1380	1990	2107	1748	1668	1640	952	166	58	13619
1960	455	620	1222	1435	1755	1950	1531	1277	1322	486	312	140	12506
1961	524	422	1075	1742	1536	1576	1319	1337	1225	922	435	426	12537
1962	351	765	1150	1309	1241	1757	1556	1164	1170	671	361	556	12051
1963	704	522	745	1029	1708	1738	1536	1214	1024	633	260	331	11443
1964	314	723	827	1298	1670	1532	1303	1427	1142	607	380	361	11584
1965	261	711	1155	998	1657	1679	1203	1416	1051	811	476	158	11576
1966	229	536	734	1063	1502	1520	1509	1095	1001	567	224	257	10236
1967	276	438	818	1217	1478	1538	1541	1340	944	546	446	405	10986
1968	466	585	995	1546	1408	1729	1498	1498	1034	674	169	240	11836
1969	139	481	1300	1350	1182	1745	1592	1619	1300	711	446	246	12110
1970	327	600	727	936	1631	1914	1354	1498	1068	615	375	346	11391
1971	337	521	825	1298	1815	1402	1773	1467	911	741	413	257	11758
1972	250	223	1052	1183	1346	1546	1476	1490	1146	850	451	244	11258
1973	147	455	1074	1251	1573	1857	1630	1665	1104	955	567	339	12616
MIDDEL	348	538	980	1269	1566	1706	1504	1411	1139	716	365	291	11834
SPREDNING	150	138	189	214	217	193	158	175	182	151	117	125	800

Tabel 2.

Solindfaldet på sydvendt flade med 45° hældning.

	VINDENS ENERGIINDHOLD (kWh/m ²)												ÅRET
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
REF.ÅR	110	168	211	212	164	113	33	73	127	48	144	109	1500
1959	158	103	92	115	86	97	50	108	82	68	146	333	1437
1960	141	168	211	213	156	92	80	73	107	132	121	105	1599
1961	110	81	384	141	110	113	104	93	76	147	95	109	1562
1962	158	296	68	115	65	74	32	97	85	48	117	46	1201
1963	89	55	135	56	63	48	33	43	68	77	138	50	854
1964	75	168	102	56	69	50	60	103	90	56	144	92	1066
1965	137	120	76	138	167	110	114	57	127	73	211	116	1446
1966	165	134	190	140	104	99	82	86	196	96	122	231	1646
1967	198	311	356	245	164	172	107	94	156	259	245	270	2576
1968	270	122	269	190	112	110	90	76	93	112	144	57	1643
1969	161	170	363	180	148	95	124	111	231	314	260	191	2348
1970	241	192	156	115	207	99	80	87	92	112	159	102	1642
1971	87	128	168	137	108	60	149	127	117	220	302	276	1880
1972	263	73	220	138	101	60	39	81	40	76	146	104	1341
1973	49	152	77	129	92	99	81	44	67	57	172	104	1124
MIDDEL	153	151	191	140	117	92	82	85	108	123	168	146	1558
SPREDNING	67	73	108	51	43	31	34	24	51	80	60	91	456

Tabel 3.

Vindens energiindhold beregnet ud fra målinger i 10 m's højde.

	VINDENS ENERGIINDHOLD (kWh/m ²)	SOLINDFALD PÅ 10 m ² (kWh)	VARMEBEHOV (kWh)
REF.ÅR	790	3946	8016
MOD.REF.		3591	
1959/1960	1067	3473	7960
1960/1961	933	2959	7365
1961/1962	873	4049	7920
1962/1963	490	3559	9208
1963/1964	610	3088	8162
1964/1965	625	3475	8137
1965/1966	889	2944	8510
1966/1967	1314	2580	7615
1967/1968	1435	3443	7923
1968/1969	1007	3003	8374
1969/1970	1354	3057	8772
1970/1971	756	3019	7942
1971/1972	1354	2936	7716
1972/1973	604	3221	7373
MIDDEL	951	3200	8070
SPREDNING	318	366	517
VARIANS- KOEFFICIENT	0,33	0,11	0,06

Tabel 4

Værdier beregnet for fyringssæsonen 1/10 - 31/3.