



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R187:1984

Värmepump eller direktel för lågenergihus i grupp

Förstudie

Staffan Stillesjö

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	ser

K
ent

Byggeforskningsrådet

R187:1984

VÄRMEPUMP ELLER DIREKTEL FÖR LÅG-
ENERGIHUS I GRUPP

Förstudie

Staffan Stillesjö

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
831239-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till TEMU-Bolagen, Östersund.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R187:1984

ISBN 91-540-4281-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

1	BAKGRUND.....	4
2	METOD.....	5
3	BERÄKNINGSRESULTAT.....	7
3.1	Byggekostnader.....	7
3.2	Energi- och effektbehov.....	10
3.3	Nuvärdesberäkningar.....	11
4	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	20
BILAGA 1	Underlag för bestämning av byggekostnader.....	22
BILAGA 2	Energibehov kWh/år för olika hus med och utan värmepump baserat på data.....	23
BILAGA 3	Enkelt datorprogram för beräkning av nuvärdet.....	24

1. Bakgrund

Byggnadskonstruktionen har stor livslängd jämfört med många installationer m m i hus. Med stigande energipriser har det visat sig lönsamt att satsa på bättre värmeåtervinning samt bättre isolering och täthet i klimatskärmen. Speciellt gäller detta vid nybyggande, vilket har lett till kraftigt sänkt uppvärmningsbehov för nya småhus. Behovet tillgodoses därmed till allt större andel med s k gratisvärme från solinstrålning, personer och apparater. Andelen värme som måste tillföras från uppvärmningssystemet i hus som byggs idag är så liten att enklast möjliga uppvärmningssystem - normalt direktelvärmesystem - framstår som det enda rätta vid en ekonomisk jämförelse. I ELAK-normen, som är en följd av folkomröstningen om kärnkraft, har ställts krav på lägre uppvärmningsbehov jämfört med andra hus för att uppvärmning skall få ske med direktel. ELAK-normen innebär en utvidgning av gällande byggnorm beträffande energihushållning. De ytterligare åtgärder som krävs för hus som byggs efter 1 januari 1984 är huvudsakligen förbättrad isolering och/eller värmeåtervinning.

Tillräckligt täta och välisolerade hus behöver ej radiatorer från klimatsynpunkt. Kallras vid fönster kan motverkas genom installation av bättre fönster i stället för radiatorer. Den lilla värmemängd, som under begränsad tid skall tillföras från uppvärmningsanläggningen, bör utan olägenhet kunna tillföras med viss komplettering av den mekaniska ventilationsanläggning som normalt installeras i nya hus. Att detta också är ekonomiskt fördelaktigt har visats av Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik vid Linköpings Tekniska Högskola. I en rapport (1) från ett projekt i vilket man betraktar huset som ett energisystem och optimerar detta, visas indikationer på hur ett hus bör byggas för att långsiktigt ge låga kostnader och hushållning med energi. Resultatet tyder på att bästa systemlösning, när det gäller att nå lägsta livstidskostnader med idag kända förutsättningar, är ett välisolerat hus med ett uppvärmningssystem bestående av direktverkande elektrisk kanalvärmare i ventilationssystemet.

Värmepumpens möjlighet att konkurrera med direktel är praktiskt taget obefintlig när det gäller enskilda lågenergihus. Frågan uppkommer då om energibehovet kan bli så lågt att flera hus kan försörjas med samma värmepump. Därmed skulle den höga installationskostnaden kunna delas upp på flera hus. Om dessutom själva uppvärmningen kan ske med hjälp av eftervärmare i tilluften skulle installationskostnaden bli lägre jämfört med ett vattenburet lågtemperatursystem. Möjligen skulle också temperaturnivån kunna sänkas ytterligare så att värmepumpen ger bättre värmefaktor.

Vinsten med ett sådant uppvärmningssystem skulle vara ett betydligt lägre elbehov än för direktel, och - om värmepumpen hämtar värme från en källa med jämn temperatur - även lägre effektbehov. Ett sådant system kan dessutom vara intressant på exportmarknader där elpriserna är höga och kylbehov föreligger under den varma årstiden. Det luftburna uppvärmningssystemet måste utföras så att fuktskador inte kan uppkomma.

Mot denna bakgrund har Svensk Energiteknisk Utveckling AB (SEUAB) med stöd av Byggforskningsrådet genomfört föreliggande förstudie. Studien baseras på underlagsmaterial från den tidigare nämnda rapporten från LiTH (1). Dessutom har Scandiaconsult AB tillfört studien kostnadsuppgifter m m samt även genomfört en del av beräkningsarbetet. Projektledare har varit Staffan Stillesjö, SEUAB.

2. Metod

I den ursprungliga ansökan till BFR angavs att tre olika uppvärmningssätt för ELAK-hus skulle jämföras. Eftersom rapporten från LiTH (1) fanns tillgänglig har dessutom ett hus enligt SBN-80, samt ett enligt (1) optimerat hus för energipriset 0,25 kr/kWh medtagits i jämförelsen. Det senare huset har mer isolering än vad som krävs i ELAK-normen. För jämförelsens skull har även ett efter samma förutsättningar optimerat mindre hus enligt (1) medtagits.

De tre uppvärmningssätt som jämförts är;

- a) direktverkande elradiatorer alternativt elkanalvärmare samt elvärt tappvarmvatten
- b) bergvärmepump för värmning av tappvarmvatten samt lågtemperatursystem med vattenradiatorer alternativt eftervärmare i tilluften.
- c) ytjordvärmepump för värmning av tappvarmvatten samt lågtemperatursystem med vattenradiatorer alternativt eftervärmare i tilluften.

För det optimerade mindre huset har dessutom studerats uppvärmning med nattackumulering samt med frånluftvärmepump för värmning av tappvarmvatten alternativt även för att täcka större delen av uppvärmningsbehovet. Samtliga hus med luftburen värme är försedda med bättre fönster än vad som krävs i normerna. Detta för att kallras inte skall försämra inomhusklimatet. När det gäller ELAK-huset har kravet på k-värde i ytterväggar kunnat sänkas som en följd av det bättre k-värdet i fönstren. Merkostnaden för fönstren kompenseras i stort sett av den lägre kostnaden för ytterväggarna. Vid uppvärmning av ELAK-huset står därför valet fritt mellan bättre fönster och bättre ytterväggar. Någon särredovisning har inte gjorts eftersom kostnad och energi-behov inte förändras nämnvärt. För vattenburet system i hus enligt SBN-80 har dock beräkningar gjorts med fönster enligt SBN-80 ($k=1,8 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$).

Storleken på husen har valts till 200 m² respektive 120 m² och endast 2-plans hus enligt (1) har jämförts för att redan tillgängliga beräkningar skall vara användbara. Beräkningarna har av samma skäl utförts med klimatdata för Kalmar enligt (1) och med interpolering av byggkostnader och energibehov för snarlika hus i (1). Byggkostnaderna har i (1) bestämts utgående från prisnivån febr 1982 enligt Sektionsfakta 82/83 (2) och endast de delar som hör till klimatskärmen har ingått. Samma betraktelsesätt har använts i denna förstudie.

Beräkning av nuvärden har gjorts med ett enkelt BASIC-program (1). Indata har genomgående varit:

Husets livslängd	L = 50 år
Real kalkylränta	R = 5%
Real energiprisökning	Q = 2%
Underhållskostnader	U = 2% av installationskostnad.

Övriga indata har varit energibehov enligt 3.2 och installationsdata enligt tabell 2.1. Installationskostnader har bedömts utgående från prisnivån våren 1984, och inkluderar material, arbete samt erforderliga styr- och reglersystem. Verkningsgraden har för enkelhetens skull satts till 1,0 för radiatorer, eftervärmare, varmvattenberedare etc. Värmepumparnas värmefaktor har på motsvarande sätt satts till 2,5-2,7. Vid beräkning av energibehovet för hus med FTX-system har värmeväxlarens verkningsgrad satts till 0,56.

Beteckning	Energi- pris (EP) (kr/kWh)	Livslängd (LL) (år)	Installations- kostnad (P) (kr)
Elradiatorer	0,3	30	8000-12000
Bergvärmepump	0,3	20	12 kW 80000 18 kW 170000
Ytjordvärmepump	0,3	15	12 kW 70000 18 kW 130000
Enkelt meka- niskt frånluftsystem.	-	25	5000
FTX-system	-	20	11000
Eftervärmare med komplettering av FTX för luftvärme	-	20	6000-7000
Vattenradiatorer	-	30	15000-20000
Elpatron	0,45	15	1000 kr/kW
Kanalvärmare, el	0,3	30	2000-3000
Värmekulvert	-	25	3000
Elvarmvatten- beredare	0,3	25	3000-5000
Frånluftvärmepump med kanalsystem	0,3	15	21500
Komplettering av frånluftvärmepump för luftvärme	-	20	5500

Tabell 2.1. Installationsdata

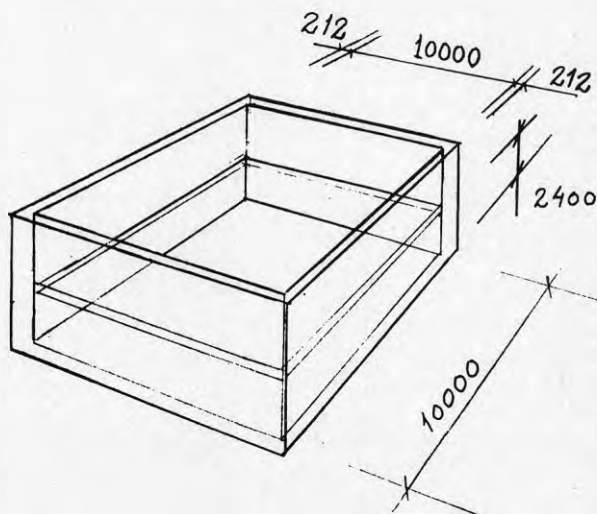
Livslängd på bergvärmepump har satts till 20 år beroende på att bergbrunnen bedöms ha längre livslängd än ytjordvärmeslingan. Det stora kostnadssteget mellan 12 kW och 18 kW beror på att två brunnar måste utföras i det senare fallet. Elpriset 0,30 kr/kWh innehåller förbruknings- och abonnemangavgift. Den senare får större betydelse ju lägre förbrukningen är. För el till kompletteringsvärme har priset 0,45 kr/kWh använts av hänsyn till att kompletteringsbehov sannolikt föreligger under höglasttid.

3. Beräkningsresultat

Beräkningarna gör inte anspråk på att vara exakta utan resultatet skall enligt syftet med denna förstudie endast visa om det är intressant att göra fortsatta beräkningar.

3.1 Byggkostnader

Byggkostnader har beräknats på samma sätt som i (1). Fyra olika hus på 200 m² har beräknats. Husens utformning är samma i alla fallen, det är endast isoleringsgraden som varierar. Vid analyser av det mindre huset på 120 m² har endast installationskostnader jämförts eftersom huset och därmed byggkostnaderna kan anses vara lika i samtliga fall.



Figur 3.1 Husutformning och ytberäkningsätt
ELAK-hus se 3.1.2

3.1.1 Ytor, k-värden och byggkostnader för 2-plans hus optimerat enligt (1)

Inre golvyta	A	= 200 m ²
	GI	
Yttre golvyta	A	= 112,4 m ²
	GY	
Fönsterarea	A	= 20 m ²
	F	
Ytterdörrsarea	A	= 2 m ²
	D	
Inre väggarea	A	= 170 m ²
	VI	
Yttre väggarea	A	= 175,8 m ²
	VY	
Inre våningshöjd	H	= 2,4 m
Volym	V	= 460 m ³
	O	

Byggnadsdel	(k-värde W/m ² , °C)	kxA (W/°C)	Byggkostnad (kr)
Golv	0,16	16	27150
Ytterväggar	0,18	30,6	74150
Mellanbjälklag			23340
Vindsbjälklag	0,09	9	55620
Fönster	1,00	20	28000
Ytterdörr	1,00	2	2000

$$\sum_I kxA = 77,6 \text{ W/}^\circ\text{C} \quad B=210300 \text{ kr}$$

3.1.2 Ytor, k-värde och byggkostnader för ELAK-hus

Inre golvyta	A	= 200 m ² (10 x 10 + 10 x 10)
	GI	
Yttre golvyta	A	= 108,7 m ² (10,0 + 2 x 0,212)**2
	GY	
Fönsterarea	A	= 20 m ²
	F	
Dörrarea	A	= 2 m ²
	D	
Inre väggarea	A	= 170 m ²
	VI	
Yttre väggarea	A	= 172,3 m ²
	VY	
Inre våningshöjd	H	= 2,4 m
Volym	V	= 460 m ³
	O	

Byggnadsdel	k-värde (W/m, °C)	kxA (W/°C)	Byggekostnad (kr)
Golv	0,20	20	23820
Ytterväggar	0,26	44,2	65710
Mellanbjälklag			22580
Vindsbjälklag	0,12	12	52150
Fönster	1,00	20	28000
Ytterdörr	1,00	2	2000

$$\sum_I kxA = 98,2 \text{ W/}^\circ\text{C} \quad B = 194300 \text{ kr}$$

3.1.3 Ytor, k-värden och byggekostnader för SBN 80 hus

Inre golvyta	A	= 200 m ² (100 + 100)
	GI	
Yttre golvyta	A	= 107,4 m ²
	GY	
Fönsterarea	A	= 20 m ²
	F	
Ytterdörrarea	A	= 2 m ²
	D	
Inre väggarea	A	= 170 m ²
	VI	
Yttre väggarea	A	= 170 m ²
	VY	
Inre våningshöjd	H	= 2,4 m
Volym	V	= 460 m ³
	O	

Byggnadsdel	k-värde (W/m, °C)	kxA (W/°C)	Byggekostnad (kr)
Golv	0,30	30	21300
Ytterväggar	0,30	51	61180
Mellanbjälklag			22300
Vindsbjälklag	0,17	17	48960
Fönster	1,80	36	20000
Ytterdörr	1,00	2	2000

$$\sum_I kxA = 136 \text{ W/}^\circ\text{C} \quad B = 175740 \text{ kr}$$

3.1.4 Ytor, k-värden och byggekostnader för SBN 80-hus, men med bättre fönster

Se SBN 80-hus, med förändring av

Fönster k = 1,00 kxA = 20 W/°C B = 28000 kr

$$\sum_I kxA = 120 \text{ W/}^\circ\text{C} \quad B = 183750 \text{ kr}$$

3.2 Energi- och effektbehov

3.2.1 Optimerat hus enligt (1) med värmepump

Energibehov för transmission och ventilation efter avdrag för gratisvärme kWh/år
3240

Transmissionsfaktor 77,6 W/°C

Energibehov för varmvatten 5000

Energibehov kWh/år 8240

(Utan värmepump 11890 kWh/år)

Effektbehov med värmepump 3,9 kW (utan värmepump 5,7 kW) + 1,5 kW för VVB

3.2.2 ELAK-hus

Energibehov för transmission och ventilation kWh/år
4880

Transmissionsfaktor 98,2 W/°C

Energibehov för varmvatten 5000

Energibehov kWh/år 9880

Effektbehov med värmepump 4,8 kW + 1,5 kW

Får ej byggas utan värmeåtervinning ur ventilationsluft.

3.2.3 SBN 80 hus

Hustyp	Effektbehov (kW)	Energibehov (kWh/år)		
		För transm och vent	För varmvatten	Totalt
Med FTX	6,4+1,5	8350	5000	13350
Med FTX och bättre fönster	5,7+1,5	6860	5000	11860
Utan FTX	8,1+1,5	12350	5000	17350
Utan FTX med bättre fönster	7,4+1,5	10760	5000	15760

3.2.4 Optimerat hus enligt (1) med värmeväxlare. Yta 120 m²

Energibehov för transmission och ventilation kWh/år
 efter avdrag för gratisvärme 1010

Transmissionsfaktor 59,80 W/°C

Effektbehov 2,65 kW + 1,5 kW

Energibehov för varmvatten 5000

Energibehov kWh/år 6010

3.3 Nuvärdesberäkningar

3.3.1 Optimerat hus enligt (1) med värmeväxlare.

Energibehov 8240 kWh/år. Byggekostnad 210300 kr.

Effektbehov 3,9 kW + 1,5 kW

3.3.1.1 Uppvärmningssystem elradiatorer och elvärt tappvarmvatten.

			X1	X2	X3	X4	R1
Elradiatorer	30	10000	29	0	0	0	20
FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
Eltappvarmvatten	25	3000	24	49	0	0	0

Nuvärde (I+U+E) = 106400 kr

(I+U+E)=(Installations-, underhålls- och energikostnad)

(X1-X4 = Utbytestidpunkter, R1 = Resttid till 50 år för datorberäkningar).

Livstidskostnad (LCC) = 316750 kr

Elbehov 8240 kWh/år

3.3.1.2 Uppvärmningssystem elkanalvärmare och elvärt tappvarmvatten.

Elkanalvärmare	30	2000	29	0	0	0	20
FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
Eltappvarmvatten	25	3000	24	49	0	0	0
Komplettering av tilluftkanaler	30	3000	29	0	0	0	20

Nuv (I+U+E) = 98200 kr

LCC = 308500 kr

Elbehov 8240 kWh/år

- 3.3.1.3 Uppvärmningssystem bergvärmepump för värme och tappvarmvatten (3 hus på samma pump), eftervärmare i tilluften med tillskott av el.

23400 kWh/år Bergvärmepump 20 80000 19 39 0 0 10
(12 kW) Värmefaktor 2,6

1300 kWh/år Elpatron (3x5,4-12) = 4,2 kW (används endast 300 h/år under topplast med energipris 0,45 kr/kWh). 15 4000 14 29 44 0 5

3 FTX-system	20	33000	19	39	0	0	10
2 Anslutningar mellan hus	25	6000	24	49	0	0	0
3 Eftervärmare m kompl tilluft	20	19500	19	39	0	0	10

Nuv (I+U+E) = 125600 kr

LCC = 335850 kr

Elbehov 3500 kWh/år

- 3.3.1.4 Uppvärmningssystem ytjordvärmepump för värme och tappvarmvatten (3 hus på samma pump), eftervärmare i tilluften med tillskott av el.

23400 kWh/år Ytjordvärmep 15 70000 14 29 44 0 5
(12 kW) Värmefaktor 2,6

1300 kWh/år Elpatron (3x5,4-12) = 4,2 kW (används endast 300 h/år under topplast med energipris 0,45 kr/kWh) 15 4000 14 29 44 0 5

3 FTX-system	20	33000	19	39	0	0	10
2 Anslutningar mellan hus	25	6000	24	49	0	0	0
3 Eftervärmare m kompl tilluft	20	19500	19	39	0	0	10

Nuv (I+U+E) = 128650 kr

LCC = 338950 kr

Elbehov 3500 kWh/år

3.3.2 ELAK-hus med värmeväxlare

Energibehov 9880 kWh/år. Byggkostnad 194300 kr.
Effektbehov 4,8 kW + 1,5 kW

3.3.2.1 Uppvärmningssystem elradiatorer och elvärt tappvarmvatten.

Elradiatorer	30	10000	29	0	0	0	20
FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
Eltappvarmvatten	25	3000	24	49	0	0	0

Nuv (I+U+E) = 118700

LCC = 313000 kr

Elbehov 9880 kWh/år

3.3.2.2 Uppvärmningssystem elektrisk kanalvärmare och elvärt tappvarmvatten

Elkanalvärmare	30	2000	29	0	0	0	20
FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
Eltappvarmvatten	25	3000	24	49	0	0	0
Komplettering av tilluftkanaler	30	3000	29	0	0	0	20

Nuv (I+U+E) = 110500 kr

LCC = 304800 kr

Elbehov 9880 kWh/år

3.3.2.3 Uppvärmningssystem se 3.3.1.3 (3 hus på samma pump)

26100 kWh/år Bergvärmepump (12 kW)	20	80000	19	39	0	0	10
Värmefaktor 2,6							
3500 kWh/år Elpatron (3x6,3-12)	15	7000	14	29	44	0	5
= 6,9 kW (500 h/år)							
3 FTX-system	20	33000	19	39	0	0	10
2 Anslutningar mellan hus	25	6000	24	49	0	0	0
3 Eftervärmare m kompl	20	19500	19	39	0	0	10

Nuv (I+U+E) = 139100 kr

LCC = 333400 kr

Elbehov 4500 kWh/år

3.3.2.4 Uppvärmningssystem med bergvärmepump för värme och tappvarmvatten (3 hus på samma pump), vattenradiatorer och tillskott av el.

26100 kWh/år Bergvärmepump (12 kW) Värmefaktor 2,5	20	80000	19	39	0	0	10
3500 kWh/år Elpatron 6,9 kW	15	7000	14	29	44	0	5
3 FTX-system	20	33000	19	39	0	0	10
2 Anslutningar mellan hus	25	6000	24	49	0	0	0
3 Vattenradiator- system	30	50000	29	0	0	0	20

Nuv (I+U+E) = 153000 kr

LCC = 347300 kr

Elbehov 4600 kWh/år

3.3.3 SBN-80 hus med värmeväxlare, ytjordvärmepump och vattenradiatorer (3 hus på samma pump).

Energibehov 13340. Effektbehov 6,4 + 1,5 kW. Byggkostnad 175750 kr.

38600 kWh Ytjordvärmepump (18 kW) Värmefaktor 2,5	15	130000	14	29	44	0	5
1400 kWh Elpatron (3x7,9-18)=5,7 kW	15	5500	14	29	44	0	5
3 FTX-system	20	33000	19	39	0	0	10
2 Anslutningar	25	6000	24	49	0	0	0
3 Vattenradiator- system	30	60000	29	0	0	0	20

Nuv (I+U+E) = 217200 kr

LCC = 392950 kr

Elbehov 5600 kWh/år

- 3.3.4 SBN-80 hus med värmepump, bättre fönster, ytjordvärmepump (4 hus på varje pump), eftervärmare för tilluft och tillskott med el.

Energibehov 11860 kWh/år. Effektbehov 5,7 + 1,5 kW.
Byggkostnad 183750 kr.

42000 kWh/år Ytjordvärme (18 kW)	15	130000	14	29	44	0	5
Värmefaktor 2,6							
5400 kWh/år Elpatron	15	11000	14	29	44	0	5
		(4x7,2-18)=10,8 kW (500 h)					
4 FTX-system	20	44000	19	39	0	0	10
3 Anslutningar	25	9000	24	49	0	0	0
4 Eftervärmare m-kompl tilluft	20	26000	19	39	0	0	10

Nuv (I+U+E) = 173050 kr

LCC = 356800 kr

Elbehov 5400 kWh/år

- 3.3.5 SBN-80 hus utan värmepump, med bergvärmepump och vattenradiatorer, tillskott med el (2 hus på samma pump).

Energibehov 17350. Effektbehov 8,1 + 1,5 kW.
Byggkostnad 175750 kr.

31100 kWh/år Bergvärmepump (12 kW)	20	80000	19	39	0	0	10
Värmefaktor 2,5							
3600 kWh/år Elpatron	15	7000	14	29	44	0	5
		(2x9,6-12)=7,2 kW (500 h)					
1 Anslutning	25	3000	24	49	0	0	0
2 Vattenradiator-system	30	40000	29	0	0	0	20
2 Mek frånluft	25	10000	24	49	0	0	0

Nuv (I+U+E) = 203350kr

LCC = 379100 kr

Elbehov 8000 kWh/år

- 3.3.6 SBN-80 hus, utan värmeväxlare, med bättre fönster, bergvärmepump, eftervärmare i tilluften och tillskott med el (2 hus på samma pump).

Energibehov 15760. Effektbehov 7,4 + 1,5 kW.
Byggkostnad 183750 kr.

29200 kWh/år Bergvärmepump (12 kW)	20	80000	19	39	0	0	10
Värmefaktor 2,6							
2300 kWh/år Elpatron (2x8,9-12)=5,8 kW (400 h)	15	6000	14	29	44	0	5
2 Eftervärmare m kompl tilluft	20	14000	19	39	0	0	10
2 Mek frånluft	25	10000	24	49	0	0	0
1 Anslutning	25	3000	24	49	0	0	0

Nuv (I+U+E) = 171900 kr

LCC = 355650 kr.

Elbehov 6800 kWh/år

- 3.3.7 2-plans hus, 120 m², med värmeväxlare och optimerat för energipriset 0,25 kr/kwh enligt (1).

Energibehov 6010 kWh/år. Effektbehov 2,65 + 1,5 kW.

Fall 1. 27400 kWh/år Bergvärmepump (12 kW)	20	80000	19	39	0	0	10
Värmefaktor 2,6. (5 hus på samma pump).							
2700 kWh/år Elpatron (5x4,2-12) = 9 kW (300 h)	15	9000	14	29	44	0	5
5 FTX-system	20	55000	19	39	0	0	10
4 Anslutningar	25	12000	24	49	0	0	0
5 Eftervärmare m kompl tilluft	20	30000	19	39	0	0	10

Nuv (I+U+E) = 98800 kr

Elbehov 2650 kWh/år

Fall 2.	Eltappvarmvatten, 2 st ackumulerande med 6+4=10 kW nattetid och 1,5 kW dagtid Volym ca 2*800 liter						
	25	9000	24	49	0	0	0
5600 kWh/år nattetid 0,19 kr/kWh							
410 kWh/år dagtid 0,45 kr/kWh							
FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
Eftervärmare m kompl tilluft	20	6000	19	39	0	0	10

Nuv (I+U+E) = 83850 kr

Elbehov 6010 kWh/år (varav 5600 kWh/år nattetid)

Fall 3.	Elkanalvärmare	30	1500	29	0	0	0	20
	FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
	Eltappvarmvatten	25	3000	24	49	0	0	0
	Komplettering av tilluftkanaler	30	3000	29	0	0	0	20

Nuv (I+U+E) = 80650 kr

Elbehov 6010 kWh/år

Fall 4.	Elradiatorer	30	8000	29	0	0	0	20
	FTX-system	20	11000	19	39	0	0	10
	Eltappvarmvatten	25	3000	24	49	0	0	0

Nuv (I+U+E) = 86400 kr

Elbehov 6010 kWh/år

Fall 5.	Frånluftvp 2,2 kW (eleffekt 0,8 kW)							
	7340 kWh/år Värmefaktor 2,7	15	16500	14	29	44	0	5
	400 kWh/år Elpatron 2 kW	15	2000	14	29	44	0	5
	Mek frånluft	25	5000	24	49	0	0	0
	Kanalsystem mm för tilluft	30	4500	29	0	0	0	20
	Komplettering av frånluftvp m större fläkt och batteri	15	3000	14	29	44	0	5

Nuv (I+U+E) = 95300 kr

Elbehov 3100 kWh/år

Fall 6.	Frånluftvp 2,2 kW (eleffekt 0,8 kW)							
	5000 kWh/år Värmefaktor 2,7	15	16500	14	29	44	0	5
	2740 kWh/år Elradiatorer	30	8000	29	0	0	0	20
	Mek frånluft	25	5000	24	49	0	0	0

Nuv (I+U+E) = 98200 kr

Elbehov 4600 kWh/år

3.3.8 Sammanställning av resultat.

1 Optimerat enligt (1) 210300 kr

Antal hus	Elbe- hov/hus (kWh/år)	Uppvärm- ningssätt	Nuv(I+U+E) (kr)	LCC (kr)
1	8240	Elrad, FTX	106400	316750
1	8240	Elkan, FTX	98200	308500
3	3500	Bergv, efter- värmare, FTX	125600	335850
3	3500	Ytj, efter- värmare, FTX	128650	338950

2 ELAK 194300 kr

Antal hus	Elbehov/hus	Uppvärmningssätt	Nuv	LCC
1	9880	Elrad, FTX	118700	313000
1	9880	Elkan, FTX	110500	304800
3	4500	Bergv, FTX, eftervärmare	139100	333400
3	4600	Bergv, FTX, vattenrad	153000	347300

3 SBN 80 175750 kr

Antal hus				
3	5600	Ytjvp, FTX, vattenrad	217200	392950
2	8000	Bergvp, vattenrad	203350	379100

4 SBN 80, bättre fönster 183750 kr

Antal hus				
4	5400	Ytjvp, eftervärmare, FTX	173050	356800
2	6800	Bergvp, eftervärmare	171900	355650

5 Optimerat enligt (1). 120 m². Ej jämförbart med ovanstående då huset är mindre och samma i alla 6 fallen.

Antal hus	Elbehov/hus (kWh/år)	Uppvärmningssätt	Nuv(I+U+E) (kr)
Fall 1.	5	2650 Bergvp, eftervärmare, FTX	98800
Fall 2.	1	6010 Nattack, eftervärmare, FTX	83850
Fall 3.	1	6010 Elkan, FTX	80650
Fall 4.	1	6010 Elrad, FTX	86400
Fall 5.	1	3100 Frånluftvp, elpatron, eftervärmare	95300
Fall 6.	1	4600 Elrad, frånluftvp	98200

Beräkningarna förutsätter att abonnemangsvgiften inte förändras från hus till hus. Detta kan ha stor betydelse vid valet mellan värmepump och nattackumulering. Fall 5 med frånluftvärmepump kräver t ex ca 3,5 kW medan fall 2 med

nattackumulering kräver ca 10 kW nattetid. Om detta medför att större säkring behövs och därmed abonnemangsavgiften höjs med 300-400 kr/år, innebär detta ca 9000 kr i nuv (E) till nackdel för nattackumulering. På samma sätt förlorar fall 2 på att nattaxan är högre på flera orter. Om nattaxan är 0,25 kr/kWh i stället för 0,19 kr/kWh belastas fall 2 med ca 8500 kr nuv (E).

Referenser: (1) Huset som energisystem, Curt Björk
LiTH-IKP-R-292, 83 04 22.

(2) Wikells Byggberäkningar AB
Sektionsfakta 82/83, teknisk-ekonomisk sam-
manställning av byggnadsdelar

4. Diskussion och slutsatser

Resultatet av förstudien visar att det kan vara lönt att undersöka om inte flera lågenergihus kan anslutas till samma värmepump och att lämpliga system för detta bör utvecklas. Sådana system kan vara fördelaktiga även i anknytning till andra uppvärmningssätt. Beräkningarna har utförts baserat på det underlagsmaterial som presenterats i rapporten (1) "Huset som energisystem" (LiTH-IKP-R-292) Curt Björk, LiTH, Linköping. Slutsatsen av rapporten från LiTH är bl a att ett tätt och välisolerat hus, optimerat för energipriset 0,25 kr/kwh, får lägsta livstidskostnaden om energitillförseln sker med en enkel elektrisk kanalvärmare i tilluften. Detta är dessutom bästa lösningen av alla de i rapporten redovisade husen och uppvärmningsfallen.

Det i denna förstudie presenterade resultatet tyder på att:

- det lönar sig att isolera nya hus bättre och att installera energi- och effektbepvarande utrustning även vid uppvärmning med värmepump, om detta leder till att flera hus eller större yta kan anslutas till samma värmepump.
- det lönar sig att installera bättre fönster så att uppvärmning kan ske med eftervärmare i tilluften i stället för med vattenradiatorer utan att problem med kallras uppstår.
- livstidskostnaden för lågenergihus, utförda enligt ELAK-normen eller bättre, är högre med värmepump än med andra uppvärmningssätt baserade på el även om flera hus ansluts till samma pump. Detta gäller under förutsättning att hänsyn inte tas till de förmånliga lånevillkor som nu gäller vid installation av värmepumpar
- livstidskostnaden för lågenergihus blir lägst om uppvärmning sker med elektrisk kanalvärmare i tilluften, men att det genom anslutning av flera hus till en gemensam värmepump går att sänka elenergi- och eleffektbehovet betydligt utan att livstidskostnaden blir särskilt mycket högre.
- medelstora ytjordvärmepumpar och bergvärmepumpar är ungefär likvärdiga kostnadsmässigt (LCC). Om man går upp i en större storleksklass för att kunna ansluta flera hus ökar kostnaden kraftigt för bägge typerna, dock mest för bergvärmepumpar eftersom ytterligare brunnar måste utföras stegvis.
- det lönar sig att i kombination med värmepump installera direktel i form av elpatron för att ta en del av effekten vid höglast även om energipriset då är högre, eftersom energiförbrukningen blir liten under den korta tid behovet finns.

- det finns anledning att närmare undersöka möjligheter för och krav på system för uppvärmning av flera lågenergihus med gemensam värmepump.
- i stort sett samma tillförselsystem baserat på tilluftkanaler, värmväxlare och eftervärmare kan användas i lågenergihus, vare sig de används i enstaka hus eller i hus som tillsammans med andra är anslutna till en gemensam värmepump
- ett sådant system kan i mindre lågenergihus konkurrera med det enligt (1) billigaste systemet genom att ett enkelt vattenlager i form av en vanlig varmvattenberedare ger en billig möjlighet att utnyttja låg eltaxa nattetid
- lågenergihus bör alltså förses med tilluftsystem där luften värms i en eftervärmare i anslutning till värmväxlaren. Om huset står för sig självt kan det under vissa förutsättningar vara lönsamt att tillföra eftervärmaren varmt nattackumulerat vatten. För flera hus i grupp bör gemensam värmepump övervägas. I det senare fallet blir livstidskostnaden högre än i det förra - beroende på hur många hus som kan anslutas - men elförbrukningen och effektbehoven blir betydligt lägre.
- mindre lågenergihus med frånluftvärmepump enligt fall 6 ovan är jämförbara med övriga fall 2,3 och 4 som diskuterats, först vid en energiförbrukning för tappvarmvatten överstigande ca 7500 kWh/år. Elbehovet är dock lägre.

Ovanstående slutsatser har baserats på relativt översiktliga beräkningar. Tendenserna är dock tydliga och de slutsatser som redovisas ändras inte med mindre förändringar i ingångsdata.

Troligen går det att bättre optimera hela systemet, dvs hus och uppvärmningsanläggningar. Värmepump med eftervärmare för tilluften kan också vara ett sätt att i framtiden konvertera äldre elradiatorvärmda hus med hög elförbrukning. För detta krävs troligen också förbättring av tätheten och bättre fönster så att inomhusklimatet blir godtagbart.

Östersund 1984 05 29

Svensk Energiteknisk Utveckling AB
Projektavdelningen


Staffan Stillesjö

Underlag för bestämning av byggkostnader enligt (1)

Yttervägg

k (W/m ² , °C)	B (kr/m ²)	t (m)
0,30	352,60	0,182
0,26	381,40	0,212
0,24	395,80	0,227
0,18	421,80	0,302
0,17	429,90	0,323
0,145	450,10	0,377
0,115	486,70	0,472

Vindsbjälklag inkl yttertak

k (W/m ² , °C)	B (kr/m ²)	t (m)
0,17	455,90	0,261
0,14	472,70	0,306
0,12	479,80	0,356
0,11	483,40	0,381
0,09	490,80	0,456

Golv, platta på mark

k (W/m ² , °C)	B (kr/m ²)
0,25	205,00
0,20	219,10
0,155	241,60

Fönster

	Mörker-k-värde (W/m ² , °C)	Pris (kr/m ²)
3-glas isolerruta med träkarm	1,8	1000
3-glas planglas med selektiva skikt + gasfyllning	1,0	1400

MellanbjälklagB = 207,70 kr/m²Ytterdörr

B = 2000 kr

Energibehov kW/år för olika hus med och utan värmeväxlare baserat på data enligt (1).

Mån	Ortsvärme- ningsbehov	*Transmission		Ventilation		Gratisvärme		Till värmesystemet						
		1	2	3	4	med vvx	Utan vvx	1	2	3	4	5	6	
Jan	16145	1253	1585	2196	1938	539	1225	860	932	1264	1875	1617	2561	2303
Feb	14848	1152	1458	2019	1778	496	1127	975	673	979	1540	1299	2171	1930
Mars	14880	1155	1461	2024	1781	497	1129	1231	421	727	1290	1047	1922	1679
April	10728	832	1053	1459	1284	358	814	1368	-	43	449	274	905	730
Maj	7589	589	745	1032	908	253	576	1513	-	-	-	-	95	-
Juni	3960	307	389	539	474	132	301	1524	-	-	-	-	-	-
Juli	2083	162	205	283	249	70	158	1535	-	-	-	-	-	-
Aug	2753	214	270	374	329	92	209	1448	-	-	-	-	-	-
Sep	5544	430	544	754	634	185	421	1306	-	-	-	-	-	-
Okt	9226	716	906	1255	1104	308	700	1096	-	118	467	316	859	708
Nov	11808	916	1159	1606	1413	395	896	882	429	672	1119	926	1620	1427
Dec	14210	1103	1395	1933	1701	475	1079	796	782	1074	1612	1380	2216	1984
Totalt	113774	8830	11174	15470	13620	3800	8640	14534	3240	4880	8350	6860	12350	10760

3,9 kW 4,8 kWh 6,4 kWh 5,7 kW 8,1 kWh 7,4 kWh

- 1 Optimerat hus enligt 1 med vvx
- 2 ELAK med vvx
- 3 SBN-80 med vvx
- 4 SBN-80 bättre fönster med vvx
- 5 SBN-80 utan vvx
- 6 SBN-80 bättre fönster utan vvx

Enkelt datorprogram för beräkning av nuvärden.

Bilaga 3.

```

30 INPUT "System,Verkningsgrad,Energipris      "C$,V,E1
40 INPUT "Livslängd,Installationskostnad      "L1,P

50 INPUT "Nyinstallation år                    "X(1),X(2),X(3),X(4)
60 INPUT "Restår                               "R1
70 DATA 49.0,5.0,2.0,2.0
80 READ N,R,Q,U
90 INPUT "Husbeteckning                       "A$
100 INPUT "Årligt energibehov                 "E2
110 IF E2=0 THEN 420 ELSE 120
120 I=P
130 FOR M=1 TO 4
140   T(M)=P*(1+Q*X(M)/100)*(1/((1+R/100)ÜX(M)))
150   IF X(M)=0 THEN 180 ELSE 160
160   I=I+T(M)
170   GOTO 210
180   R2=P*(1+(Q*X(M-1)/100))*(1/((1+R/100)ÜX(M-1)))
190   I=I+R2*(R1/L1-1)
200   GOTO 220
210 NEXT M
220 U1=0
230 V1=0
240 FOR K=0 TO N
250   R3=1+Q*K/100
260   V2=1/((1+R/100)ÜK)
270   U3=U*P*V2/100
280   U1=U1+U3
290   Y=V2*R3*E1*E2/V
300   V1=V1+Y
310 NEXT K
320 PRINT "Beteckning           " A$
330 PRINT "Verkningsgrad " V "Primärenergipris " E1 "Kr"
340 PRINT "Livslängd " L1 "År Installationskostnad " P "Kr"
350 PRINT "Nyinstallation efter vart " L1 ":e år"
360 PRINT "System " C$
370 PRINT "Nuvärdet av Installationskostnaderna är " I "Kr"
380 PRINT " " Underhåll " U1 "Kr"
390 PRINT " " Energi " V1 "Kr"
400 PRINT " Vid ett årligt energibehov av " E2 "kWh"
410 GOTO 90
420 END

```


**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831239-1
från Statens råd för byggnadsforskning till TEMU-Bolagen,
Östersund.**

R187: 1984

ISBN 91-540-4281-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704187

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 25 kr exkl moms