

Technical University of Denmark



Fremtidens boligopvarmning i relation til nye energibestemmelser 2006

Tommerup, Henrik M.

Publication date:
2005

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Tommerup, H. M. (2005). Fremtidens boligopvarmning i relation til nye energibestemmelser 2006.

DTU Library

Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

BYG·DTU

DANMARKS
TEKNISKE
UNIVERSITET



Henrik Tommerup
Svend Svendsen

Fremtidens boligopvarmning
i relation til nye
energibestemmelser 2006

Sagsrapport
BYG·DTU SR-05-03
2005
ISSN 1601 - 8605

Indhold

FORORD	2
KONKLUSION	3
RESUMÉ	4
1 INDLEDNING	6
2 METODE TIL TOTALØKONOMISK SAMMENLIGNING AF VARME- OG VENTILATIONSFORMER	7
3 ENERGIRAMMER	8
4 BRUTTOENERGIFORBRUG TIL OPVARMNING	9
5 UDGIFTER TIL MERISOLERING	9
5.1 BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER	9
5.2 2006 HUS.....	10
6 VARMEEFFEKTBEHOV TIL OPVARMNING	11
7 EKSEMPLER VEDRØRENDE VARME- OG VENTILATIONSFORMER	13
7.1 VARMEPUMPE – JORD/VAND	13
7.2 VARMEPUMPE – LUFT/LUFT	13
7.3 VARMEPUMPE – LUFT/BRUGSVAND.....	14
7.4 VARMEPUMPE – LUFT/BRUGSVAND&LUFT	14
8 ANLÆGS- OG ENERGIPRISER	15
9 TOTALØKONOMI	16
9.1 TYPISK PARCELHUS DER OPFYLDER BRUTTOENERGIRAMMEN I NYE ENERGIBESTEMMELSER 2006	16
9.2 TYPISK PARCELHUS I LAVENERGIKLASSE 2 OG 1	20
10 VURDERING AF OPVARMNINGSFORMER	23
11 REFERENCER	25
BILAG 1: EKSEMPELHUS - FACADER, PLAN OG TVÆRSNIT	26
BILAG 2: VARME- OG VENTILATIONSFORMER – BEREGNINGSEKSEMPLER	27
BILAG 3: ANLÆGSUDGIFTER	31

Forord

Denne rapport er udarbejdet af BYG-DTU i april 2005 for Danfoss, som i forbindelse med et projekt vedrørende "Fremtidens boligopvarmning", har haft brug for hjælp til beregninger og vurderinger af fremtidens boligopvarmning. Danfoss ved Klaus Lund har medvirket til opstilling af beregningseksempler og indhentet priser på de forskellige opvarmnings- og ventilationsanlæg.

Konklusion

Der er foretaget totaløkonomiske beregninger af forskellige relevante kombinationer af varme- og ventilationsformer installeret i et typisk nyt parcelhus.

Beregningerne viser at de økonomisk bedste varmeformer for et 2006 hus med naturlig ventilation eller mekanisk ventilation med varmegenvinding er varmepumper og fjernvarme, der er forbundet med en udgift på ca. 300.000 kr. over 30 år, mens oliefyret er dårligst. Elvarme er på trods af små installationsudgifter ikke umiddelbart attraktiv, da det er nødvendigt at merisolere huset betydeligt for at tage højde for at el indgår med en faktor 2,5 i energirammen. For mekanisk udsugning med brugsvandsvarmepumpe, er udgiftsniveauet generelt noget højere end for de to øvrige ventilationsformer. Da den mekanisk ventilation med varmegenvinding typisk giver et væsentligt bedre indeklime end naturlig ventilation, er denne ventilationsform at foretrække.

Det kan endvidere konkluderes, at lavenergiklasse 2 og 1 ikke realistisk set er muligt at opnå uden mekanisk ventilation med varmegenvinding. Hvis der ses bort fra luftvarmepumpe, indikerer beregninger at fjernvarme er en attraktiv varmeform i fremtidens huse. Elvarme klarer sig ikke overraskende dårligst af de undersøgte varmeformer (jf. ovennævnte primærenergifaktor).

Vurderinger af fremtidens varmeformer bør mest ses i lyset af de langsigtede udviklingstendenser vedrørende energikilder og energipriser, idet fremtidens energisystem vil være kendetegnet ved at olie og gas udgår eller bliver meget dyrere, og som følge heraf fortsat skærpede krav til boligernes energiforbrug til et niveau svarende til lavenergiklasse 1 i nye energibestemmelser 2006 (forventet krav i DK i 2015 - svarer ca. til "passiv house niveau").

De nuværende varmforsynings-, varmfordelings-, ventilationsanlæg vil sandsynligvis kunne videreudvikles som nye typer og ikke bare minimering pga. mindre effektbehov. En oplagt løsning i parcelhuse vil være gulvvarme som basisvarme over hele huset og med meget lav temperatur og dermed færre koblinger og styringer. Derved kunne anlægget laves billigere og med bedre effektivitet samt døgnudjævning mht. varmt brugsvand, som sætter effektbehovet længere ned (typisk 0,5 kW til rumvarme og 0,5 kW til varmt brugsvand), så hele huset kunne nøjes med en fjernvarmeforsyning på 1 kW.

Den vigtige afkøling af fjernvarmen af hensyn til bl.a. fjernvarmerørens varmetab mod jord vil kunne opnås med den lave temperatur i gulvvarmeanlægget og høj effektiv varmeveksling af varmt brugsvand med en styring, der kan kombinere døgn-udjævnet genopvarmning af varmvandsbeholderen med dækning af varmetab og stor afkøling i koldt vanddelen i varmvandsbeholderen.

Resumé

I januar 2006 træder nye skærpede krav i kraft til nye bygningers energiøkonomi. Der er lagt op til at energikravene yderligere skærpes i 2010 og 2015. Fremtiden byder derfor på et stadigt faldende varme- og elforbrug i nybyggeriet. Samtidig må forventes mere valgfrihed mht. opvarmningsform, idet der er lagt op til ophævelse af krav om tilslutningspligt til fjernvarme og ophævelse af forbud mod elvarme i lavenergihuse. Dette er baggrunden for at vurdere opvarmningsformer i forhold til kommende energikrav. Formålet med undersøgelsen har været at anskueliggøre priser, fordele og ulemper for forskellige opvarmnings- og ventilationsformer, og på denne baggrund vurdere hvilke der vil være attraktive i fremtiden set i lyset af fremtidens energipolitik og bruger ønsker/krav.

Der er gennemført totaløkonomiske beregninger af forskellige relevante kombinationer af varme- og ventilationsformer installeret i et typisk nyt parcelhus, svarende til DTU's forsøgshus i Snekkersten. De undersøgte varme- og ventilationsformer er hhv. oliefyr, gasfyr, fjernvarme, elvarme og varmepumpe samt naturlig ventilation, mekanisk ventilation med varmegenvinding og mekanisk udsugning. Beregninger er foretaget for tre tilfælde svarende til at huset opfylder hhv. bruttoenergirammen i de nye energibestemmelser samt forventede energirammer i 2010 (lavenergiklasse 2) og i 2015 (lavenergiklasse 1). Totaløkonomien er beregnet som nuværdi af anlægs- og driftsudgifter over 30 år, der er delt op i anlægsudgifter, energiudgifter, service- og vedligeholdelsesudgifter og udgifter til at merisolere, når der ikke er ventilation med varmegenvinding og ved direkte elvarme.

De økonomiske beregninger viser at de økonomisk bedste varmeformer for et 2006 hus med naturlig ventilation er varmepumper og fjernvarme, der er forbundet med en udgift på ca. 300.000 kr. over 30 år, mens oliefyret er dårligst. Elvarme er på trods af små installationsudgifter ikke umiddelbart attraktiv, da det er nødvendigt at merisolere huset betydeligt for at tage højde for at el indgår med en faktor 2,5 i energirammen. Hvis der antages mekanisk ventilation med varmegenvinding er situationen nogenlunde den samme som ved naturlig ventilation, både mht. økonomisk attraktiv varmeform og samlet udgift over 30 år. I tilfældet ”mekanisk udsugning” med brugsvandsvarmepumpe, er udgiftsniveauet generelt noget højere end for de to øvrige ventilationsformer. Overordnet konkluderes at overholdelse af energirammen 2006 med naturlig ventilation og ventilation med varmegenvinding, er forbundet med omtrent samme totaløkonomi for de forskellige varmeformer. Da den mekanisk ventilation med varmegenvinding typisk giver et væsentligt bedre indeklima end naturlig ventilation, er denne ventilationsform at foretrække. Dette skal også ses i lyset af udviklingen af stadigt bedre og billigere løsninger.

Det konkluderes endvidere at lavenergiklasse 2 og 1 ikke realistisk set er muligt at opnå uden mekanisk ventilation med varmegenvinding. De totaløkonomiske beregninger viser at elvarme klarer sig dårligst af de undersøgte varmeformer, hvilket ikke er overraskende idet elvarme ”straffes” med en faktor 2,5. Hvis der ses bort fra luftvarmepumpe, indikerer beregninger at fjernvarme er en attraktiv varmeform i fremtidens huse.

Der er foretaget en vurdering af de behandlede opvarmningsformer og fremtidsmulighederne. Essensen i denne er følgende:

- ”State of the art” olie- og gasfyrede kedelanlæg til småhuse er væsentligt overdimensionerede (ydelse på 15-20 kW) i forhold til krav til tilført varme i fremtidens huse, der er ganske få kW, hvilket medfører et unødvendigt stort varmetab og særligt en væsentlig nedsat sommervirkningsgrad. Der er et stort behov for udvikling af små kedler med temperaturstyring, hvis individuelle olie- og naturgasfyr skal være interessante som opvarmningsform i fremtiden lavenergihuse.
- Fjernvarme er meget udbredt og typisk billigste opvarmningsform i boliger med gennemsnitlige varmebehov. Afregningsformen ved fjernvarme består af både en fast afgift og et variabelt bidrag, der er afhængig af energiforbruget. Med et varmebehov på ca. 10 MWh og varmeudgift på ca. 5.000 kr./år i et typisk 2006-hus, nærmer det variable bidrag sig dermed den typiske faste afgift, hvilket ikke er hensigtsmæssigt set fra et energispare synspunkt. Derfor overvejes det også at ophæve tilslutningspligten i forbindelse med indførelse af de nye energibestemmelser.
- Fremtidens fjernvarme kan i øvrigt blive presset økonomisk, når et mindre forbrug skal betale for et konstant og væsentligt varmetab fra traditionelle fjernvarmerør. Men den behøver ikke blive fordyret. En billiggørelse af fremtidens lavenergifjernvarme vil kunne ske, ved god dimensionering og regulering af husenes varmeanlæg, og dermed effektiv afkøling (ned til ca. 15-20°C), så returvandet kan returneres i uisolerede rør. Desuden vil materialeforbruget til fjernvarmerør kunne mindskes pga. et væsentlig mindre effektbehov i huse med varmtvandsbeholder til udjævning af spidslaster.
- Fjernvarme har den fordel i forhold til øvrige opvarmningsformer, at den er mindre afhængig af energipriserne på verdensmarkedet, da biomasse, affald og overskudsvarme fra industrien kan benyttes som brændsel. 40 % af fjernvarmen produceres allerede i dag på disse CO₂-neutrale brændsler (jf. Dansk Fjernvarmes seneste statistik, 2003/2004).
- En effektiviseringsmulighed i forhold til fjernvarmeinstallationen, er udvikling af små veldimensionerede og isolerede fjernvarmeunits, idet fjernvarmeunit i dag i stort antal udføres uden den lovbestemte isolering.
- Direkte elvarme er umiddelbart attraktivt pga små tab og lave installationsomkostninger, men er problematisk i praksis i relation til bruttoenergirammen, da elforbrug ”belastes” med en faktor 2,5 i forhold til varmekonsum, hvilket betyder at elopvarmede huse skal være 2,5 bedre energimæssigt set. Mere el-produktion i fremtiden fra vedvarende energikilder (primært vind) vil kunne medføre en lempelse i ”straffen” af elforbrug. Det vil dog pga vindenergiens ustabilitet fortsat være behov for stabil (fossil) energiproduktion og samtidig må det forventes at prisen pr. produceret energienhed vil forøges.
- Jordvarmepumpen er umiddelbart en attraktiv og energieffektiv løsning i fremtidens huse med lavtemperatur varmeanlæg. Ulempe er dog de høje installationsudgifter, men en større udbredelse vil kunne mindske udgiften. En stor udbredelse af varmepumper, vil alt andet lige betyde et væsentligt forøget elbehovet i kolde vintermåneder, og dermed kræve ændringer i elforsyningssystemet. Beregninger på luft-luft varmepumpe viser en god økonomi, men opvarmningsformen er problematisk i forhold til normale komfort krav.

1 Indledning

I januar 2006 træder der nye krav i kraft vedrørende bygningers energiøkonomi. Der bliver tale om skærpede krav til bygningers varmeisolering, men også om nye principper for angivelse af kravene. Det primære energimæssige krav til nye bygninger vil være baseret på bruttoenergiforbruget, der kan udtrykkes som bygningens samlede energiforbrug (varme+el) på nær elforbrug til husholdningsapparater; dette energiforbrug indeholder således elforbrug til drift af varme- og ventilationsanlæg samt effektiviteten af varmeanlægget, dvs. energitabet ved produktion af den nødvendige varme.

I forbindelse med de nye energibestemmelser indføres også to klasser af lavenergibygninger svarende til ca. 75 % af energirammen (lavenergiklasse 2) og 50 % af energirammen (lavenergiklasse 1). Disse lavenergiklasser må man forvente bliver indført som mindste krav i 2010 (klasse 2) og 2015 (klasse 1), hvor energibestemmelserne i henhold til EU's bygningsdirektiv om bygningers energimæssige ydeevne skal revideres.

I fremtiden må man altså forvente et stadigt faldende varme- og elforbrug i nybyggeriet. Samtidig må forventes mere valgfrihed mht. opvarmningsform, idet der er lagt op til ophævelse af krav om tilslutningspligt til fjernvarme og ophævelse af forbud mod elvarme i lavenergihuse. Derudover må det ud fra ovenstående forventes at det vil blive mere attraktivt end tidligere at installere ventilationsanlæg med varmegenvinding i de nye huse, da opvarmningsbehovet derved kan nedsættes betydeligt, men også ud fra et komfort- og sundhedshensyn. Efterhånden som energiniveauet falder, bliver de løbende udgifter til opvarmning mindre og indebærer, at opvarmningssystemer med lave installationsomkostninger, som f.eks. varmepumper og elvarme blive mere og mere attraktive.

På baggrund af ovenstående er det relevant at vurdere opvarmningsformer i forhold til energikravene i 2006 og de forventede krav i 2010 og 2015. Formålet med undersøgelsen er således at anskueliggøre priser, fordele og ulemper for de forskellige opvarmningsformer, og på denne baggrund vurdere hvilke opvarmningsformer, der vil være attraktive i fremtiden set i lyset af fremtidens energipolitik og bruger ønsker/krav.

Beregningerne foretages med udgangspunkt i et konkret og typisk parcelhus på 135 m². Husets byggesystem er skalmurede porebetonelementer. I bilag 1 er vist facader, plan og hovedtværnsnit.

Der redegøres først for beregningsforudsætninger i form af energimæssige data og anlægspriser. Efterfølgende beskrives beregningsresultaterne.

2 Metode til totaløkonomisk sammenligning af varme- og ventilationsformer

Der foretages totaløkonomiske beregninger af forskellige relevante kombinationer af varme- og ventilationsformer installeret i et typisk nyt parcelhus, svarende til DTU's forsøgshus i Snekkersten. Beregningerne foretages for tre tilfælde svarende til at huset opfylder hhv. bruttoenergirammen i nye energibestemmelser 2005 samt forventede energirammer i 2010 (lavenergiklasse 2) og i 2015 (lavenergiklasse 1)

De forskellige varmeformer beregnes og vurderes i tre tilfælde med hensyn til ventilationsform, svarende til naturlig ventilation, mekanisk ventilation med varmegenvinding (indblæsning og udsugning) og mekanisk udsugning. Beregningseksemplerne er der redegjort for i bilag 2.

For de varmeformer der energimæssigt ligner hinanden (olie, gas, fjernvarme, varmepumpe) vil det være rimeligt at regne med at den samme mængde varmeenergi tilføres huset, idet denne bestemmes på basis af dårligste varmeanlæg og ud fra at energirammen skal være overholdt. Således vil huset med de andre varmeformer også opfylde energirammen. Der antages samme isoleringsstandard baseret på dårligste varmeanlæg, hvorved betragtninger af omkostninger ved merisolering udelades.

Direkte elvarme er imidlertid et særligt tilfælde, der energimæssigt er betydeligt dårligere end de øvrige varmeformer, da elforbrug indgår med en faktor 2,5 i energirammen for at tage hensyn til den større udledning af kuldioxid, der kommer i forbindelse med el-produktion i forhold til varmeproduktion. Alt andet lige skal der derfor foretages en betydelig kompensering ved f.eks. merisolering af klimaskærmen for at opfylde energirammen, idet der overslagsmæssigt er behov for et isoleringsniveau svarende til ca. lavenergiklasse 1 for at overholde energirammen 2006. Der er derfor behov for at prissætte og medtage merudgiften til omtalte kompensering. Det samme gælder i tilfældet med naturlig ventilation og mekanisk udsugning, hvis de skal kunne sammenlignes med varmeformer med mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Resultaterne vil for de enkelte relevante kombinationer af varme- og ventilationsanlæg være følgende:

- Udgifter til varmeanlæg
- Udgifter til ventilationsanlæg
- Levetider for varme- og ventilationsanlæg
- Årsvirkningsgrader for varmeanlæg
- Udgifter til løbende service- og vedligeholdelse
- Udgifter til varmetilslutning
- Udgifter til faste afgifter (fjernvarme, naturgas)
- Udgifter til "kompensering" for energimæssig standard (merisolering)
- Energiforbrug til opvarmning (varme + el)
- Energifriser
- Energiudgifter (varme + el)
- Samlede anlægsudgifter
- Nuværdi af udgifter over 30 år

"Nuværdi af udgifter over 30 år" bestemmes på baggrund af en totaløkonomisk betragtning over 30 år (normal løbetid for bolig-/realkreditlån) med indregning af levetider, restværdier og eventuelle geninvesteringer, således at der for eksempelvis et anlæg med en levetid på 20 år skal regnes med en geninvestering efter 20 år og en restværdi på 50 % af investeringen efter 30 år (lineær

afskrivning). Alle udgifter diskonteres til nutiden med en diskonteringsfaktor svarende til en gennemsnitlig realrente over de sidste 15 år (2,5 pct./år). Det vil være rimeligt at foretage følsomhedsanalyser svarende til f.eks. den dobbelte energipris samt en ”bæredygtig” rente på 0 %, så nuværdien af energibesparelser i hele beregningsperioden tillægges samme værdi.

3 Energirammer

I udkast til tillæg til bygningsreglement for småhuse 1998 (dateret 11. januar 2005) er anført følgende energirammer:

Energirammen udtrykkes således: $70 + \frac{2200}{A} kWh / m^2$ pr. år. (A er det opvarmede etageareal).

For lavenergihuse klasse 2 er energirammen: $50 + \frac{1600}{A} kWh / m^2$ pr. år.

For lavenergihuse klasse 1 er energirammen: $35 + \frac{1100}{A} kWh / m^2$ pr. år.

For det konkrete eksempelhus med et opvarmet etageareal på 135 m² fås følgende energirammer:

Energiramme 2006:	86 kWh/m ²
Energiramme for lavenergiklasse 2 (2010):	62 kWh/m ²
Energiramme for lavenergiklasse 1 (2015):	43 kWh/m ²

Energirammen omfatter det samlede behov for tilført energi (varme + el) til opvarmning, ventilation, køling og varmt brugsvand. Energistyrelsen har besluttet, at der til brug for vurdering af bygningers energirammer anvendes en faktor 2,5 ved sammenvejning af el med henholdsvis olie, gas og fjernvarme.

Energirammen kan skrives op på følgende formel: $E_r \geq \frac{(Q_h + Q_{vv} + Q_{tab})}{\eta} + (EL_{varme} + EL_{vent}) \cdot 2,5$

Hvor:

Q_h er nettovarmebehovet til rumopvarmning og ventilation.

Q_{vv} er nettovarmebehovet til varmt brugsvand.

Q_{tab} er det ikke nyttiggjorte varmetab fra varmerør og varmtvandsbeholder.

(Q_h , Q_{vv} og Q_{tab} kaldes bruttovarmebehovet.)

η er årsnyttevirkningen for varmeanlægget i decimaltal

EL_{varme} er elforbruget til opvarmning, dvs. pumper, automatik mm.

EL_{vent} er elforbruget til ventilation.

Hvis bruttovarmebehovet skal dækkes af direkte elvarme skal hele første led i formlen multipliceres med faktoren 2,5, hvilket betyder at nettovarmebehovet til rumopvarmning og ventilation skal nedsættes markant, hvis der ses bort fra at varmebehovet til varmt brugsvand kan nedsættes ved brug af solvarme, der ofte vil være en uøkonomisk løsning i forhold til ekstra isolering af klimaskærmen. Varmebehovet til rumopvarmning og ventilation kan nedsættes via merisolering af klimaskærmen og nedbringelse af ventilationstabet ved installation af mekanisk ventilation med varmegenvinding. Hvis udgangspunktet er et hus med mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding og energirammen netop er opfyldt, og der vælges naturlig ventilation (eller mekanisk udsugning), vil det typisk være nødvendigt at kompensere betydeligt via ekstra isolering

af klimaskærmen, hvis energirammen skal overholdes - på trods af et sparet elforbrug til ventilatorer.

4 Bruttoenergiforbrug til opvarmning

På baggrund af elforbrug til ventilation og varmeanlæg kan beregnes den tilhørende varmetilførsel til huset (bruttoenergiebehov til opvarmning), der gør at energirammen netop er opfyldt.

Som nævnt fastsættes bruttovarmebehovet ud fra dårligste varmeform, som vurderes at være et oliefyr. Med forudsætninger vedrørende elforbrug til varme og ventilation, som anført i Tabel 2, kan beregnes den resulterende varmetilførsel (se Tabel 1).

Tabel 1. Bruttoenergiforbrug til opvarmning i MWh/år.

	2006	Lavenergiklasse 2	Lavenergiklasse 1
Vandbåren varme	10,0	6,7	4,1
Elvarme	4,7	3,3	2,3

Isoleringsniveauet er altså fastsat, således at energirammen netop er opfyldt ved installation af et oliefyr og med ventilation med varmegenvinding. Dette betyder at der for eksempelvis et fjernvarmeforsynet hus vil være tale om et lidt bedre isoleringsniveau end nødvendigt for at opfylde energirammen. Men som nævnt ses der bort fra dette.

5 Udgifter til merisolering

Til beregning af den merisolering, der alt andet lige kræves, når der ikke anvendes ventilation med varmegenvinding samt ved brug af direkte elvarme, anvendes metoden i rapport om optimal isolering af klimaskærmen i relation til nye skærpede energibestemmelser [2]. Derved kan den nødvendige ”kompensering” prissættes.

Beregningerne foretages for det energimæssigt dårligste traditionelle varmeanlæg (oliefyr), således vil de andre anlæg også opfylde energirammen. Det dårligste af de traditionelle anlæg vurderes at være oliefyr i kombination med vandbåren gulvvarme, som er installeret i omtrent 90 % af alle nye parcelhuse. Det skal bemærkes at der energimæssigt er forskel på gulvvarme og radiatoropvarmning, idet gulvvarme giver et forøget transmissionstab via jord og fundament. Radiatorvarme forøger også transmissionstabet for det ydervægsareal radiatorerne dækker, og det vil være rimeligt at antage at de to effekter omtrent opvejer hinanden.

5.1 Beregningsforudsætninger

Forudsætninger vedrørende virkningsgrad, ventileret luftmængde, varmt brugsvand, internt varmetilskud mv. fremgår af Tabel 2. Disse er i henhold til udkast til bilag 7 til bygningsreglement 1995 (Beregning af bygningers energibehov, dateret 16. juli 2004), der er det seneste udkast til anvisning i beregning af bygningers energibehov.

Tabel 2. Beregningsforudsætninger ved prissætning af nødvendig merisolering.

Parameter	Værdi
Luftmængde ved ventilation	0,3 l/s/m ²
Temperaturvirkningsgrad for ventilation med varmegenvinding	85 %
Specifikt elforbrug til lufttransport	1200 J/m ³
Luftmængde ved infiltration (særlig lufttæt)	0,05 l/s/m ²
Internt varmetilskud fra personer, apparater og belysning	5 W/m ²
Energiforbrug til varmt brugsvand (opvarmning fra 10 til 55 °C)	0,25 m ³ /m ² /år
Varmetab varmtvandsbeholder (110 liter)	2,1 W/K ¹
Elforbrug til oliefyr inkl. cirkulationspumpe (skønnet)	250 kWh/år
Skønnet udnyttelsesgrad af varmetilskud (sol og internt)	90 %
Årsnyttevirkning for oliefyr (inkl. effekt af nyttiggørelse af varmetab)	90 %

¹ 80 % antages nyttiggjort i fyringssæson.

Luftmængden 0,3 l/s/m² svarer til et luftskifte på 0,55 gange i timen, mens varmtvandsforbruget svarer til 1754 kWh/år. På baggrund af målinger af varmtvandsforbrugets størrelse i enfamiliehuse igennem de sidste 20 år, konkluderes i [2] at det gennemsnitlige varmtvandsforbrug i enfamiliehuse i dag er ca. 110 liter/dag, svarende til et årligt energibehov på ca. 1800 kWh. Dette svarer altså omtrent til det forudsatte varmtvandsforbrug. Vinduerne er trævinduer med energiruder og varm rudekant, og de udgør 22 % af det opvarmede etageareal. Ud fra detaljerede BSIM2002 simuleringer på eksisterende model af huset er solindfaldet fastlagt til 2924 kWh for en typisk øst-vest orientering af huset.

5.2 2006 hus

Det antages at man i forbindelse med opfyldelse af den skærpede energiramme i 2006 vil forøge isoleringstykkelsen i ydervæggen til 200 mm (fra typisk 125 mm) i et typehus som eksempelhuset, da dette er en oplagt og billig måde at spare energi på. Yderligere isolering er umiddelbart vanskeligt af hensyn til byggeteknik, æstetisk mv., og antages derfor ikke som en mulighed for ”kompensering” i et 2006 hus.

Isoleringstykkelser svarende til at energirammen er overholdt med og uden ventilation med varmegenvinding ventilation fremgår af Tabel 3. Det ses at det vil koste omkring 100.000 kr. i ekstra isolering, hvis man vælger at opføre huset uden varmegenvinding og i stedet for kompenserer ved merisolering af loft og terrændæk. Det skal bemærkes at isoleringstykkelsen i terrændækket må betragtes som på grænsen af hvad der er hensigtsmæssigt med hensyn til terrændækkets stivhed mm.

Det kan konkluderes, at det er muligt at opfylde energirammen 2006 med naturlig ventilation, især hvis der benyttes et mere effektivt varmeanlæg end et oliefyr. Det er dog ikke nemmere at overholde kravet, hvis der benyttes mekanisk udsugning og en såkaldt brugsvandsvarmepumpe, da den har en effektfaktor på ca. 2,5. Opfyldelse af bruttoenergirammen 2006 vil imidlertid i mange tilfælde kunne gøres billigere ved installation af et energieffektivt ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Det kan også konkluderes at ventilation med varmegenvinding er nødvendigt/hensigtsmæssigt, når der er tale om lavenergiklasserne.

Tabel 3. Merudgift til ekstra varmeisolering ved ventilation uden varmegenvinding svarende til overholdelse af energirammen 2006 med et oliefyr.

Bygningsdel	Isoleringstykkelse [mm] Med VGV	Isoleringstykkelse [mm] Uden VGV	Merudgifter [kr.] Uden VGV
Ydervæg	200	200	0
Loft	200	450	27.000
Terrændæk	200	550	70.000
I alt			97.000

Hvis der anvendes direkte elvarme til dækning af bruttovarmebehovet indgår varmebehovet med en faktor 2,5 i energirammeberegningen. Det betyder at behovet for tilført energi skal reduceres med 60 %. Derfor vil huset i praksis skulle have en energimæssig ydeevne på niveau med et lavenergiklasse 1 hus med f.eks. oliefyr. Merudgiften for at opføre huset i lavenergiklasse 1 (forudsat ventilation med varmegenvinding) er omkring 8 % set i forhold til en byggeudgift på 10.000 kr./m², dvs. 108.000 kr. (jf. [1]).

6 Varmeeffektbehov til opvarmning

Det samlede effektbehov til rumopvarmning og varmt brugsvand i fremtidens huse er interessant, da det udgør dimensioneringsgrundlaget for fremtidens boligopvarmning. Varmeeffektbehovet til opvarmning i fremtidens huse vil være meget begrænset, hvis det forudsættes at det varme brugsvand tages fra en varmtvandsbeholder, således at spidsbelastningerne kan dækkes af den opmagasinerede varmtvandsmængde. Den nødvendige effekt til varmt brugsvand behøver derved kun være i størrelsesordenen 1-1,5 kW. Det resterende effektbehov til rumopvarmning hen over året kan findes på basis af simuleringer i programmet BSIM 2002.

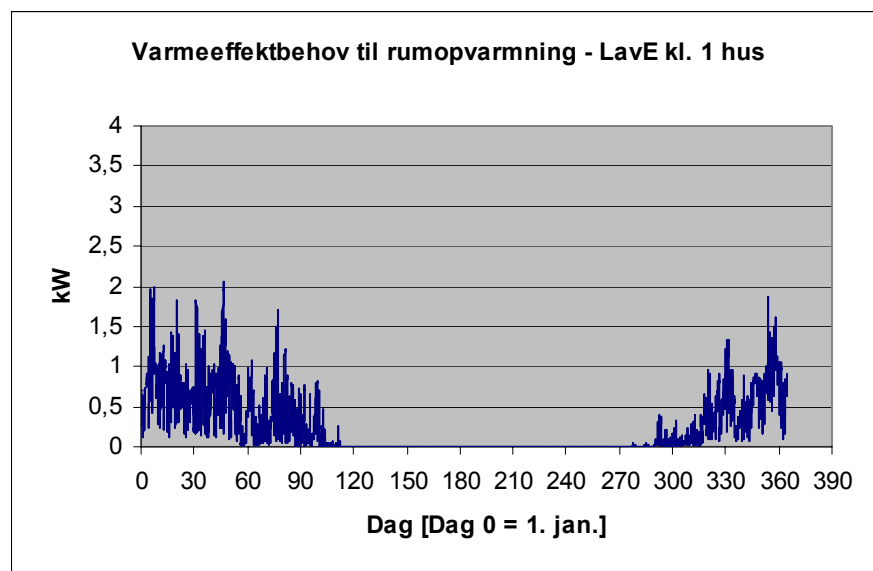
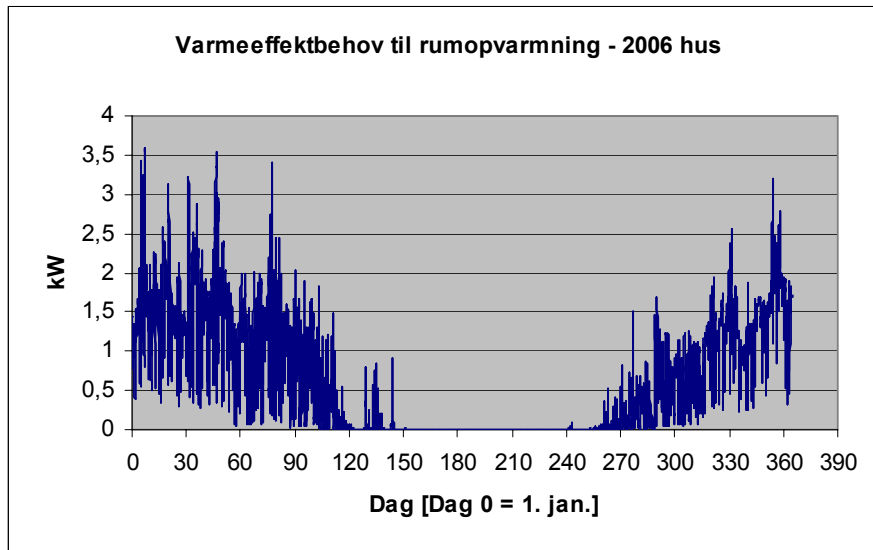
Der er regnet på eksempelhuset svarende til 2006 energikrav og lavenergiklasse 1. Der er forudsat ventilation med varmegenvinding og gulvvarme. Den nødvendige og optimale isolering af klimaskærmen er beregnet ved hjælp af den allerede omtalte metode [1], og fremgår af Tabel 4.

Tabel 4. Isoleringstykkelse/-standard for 2006 hus og hus svarende til lavenergiklasse 1.

Bygningsdel	2006 hus	Lavenergiklasse 1 ¹
Ydervæg	200	250
Loft	200	400
Terrændæk	200	500
Vinduer	1,46 W/m ² K	0,8 W/m ² K (passiv haus niveau)

¹ Niveauet er udover de isoleringsmæssige tiltag opnået ved halvering af elforbruget til ventilation.

De beregnede effektbehov til rumopvarmning fremgår af Figur 1. Varmeeffektbehovene svarer til et rumvarmebehov på hhv. 41 og 16 kWh/m².



Figur 1. Varmeeffektbehov til rumopvarmning hen over året.

Det ses af Figur 1, at varmeeffektbehovet til rumopvarmning for et 2006 hus i størstedelen af fyringssæsonen er relativt begrænset (0-2,5 kW). I få perioder forekommer nogle ”peaks”, hvor effektbehovet når op på 3,5 kW. Det ses endvidere at perioden helt uden varmebehov er lang, svarende til ca. en tredjedel af året. Hvis eksempelhuset blev opført i lavenergiklasse 1, ville det normale effektbehov være 0-1,5 kW (se figur 1 nederst), med ”peaks” på op til 2 kW; altså meget små effektbehov. Det ses også at varmesæsonen er reduceret til kun halvdelen af året. Dette skyldes at gratisvarmen i højere grad vil kunne dække varmebehovet i et mere velisoleret hus.

Sammenholdes effektbehovet til rumopvarmning med effektbehovet til varmt brugsvand fås samlede dimensionerende varmeeffektbehov (leveret varme) på:

2006 hus: 5,0 kW

Lavenergiklasse 1: 3,5 kW

Med så små varmeeffektbehov og varmeforbrug, er de nuværende traditionelle opvarmningsformer (olie, gas og fjernvarme) overdimensioneret, hvilket betyder at energitabet i især sommerperioden

vil udgøre en betragtelig del af varmebehovet. For olie og naturgas er det tomgangtabet der er problemet og for fjernvarme er problemet varmetabet fra fjernvarmerørene uden for huset og til dels tabet fra fjernvarmeuniten. Der er behov for kedler med væsentlig lavere ydelse og mindre og velisolerede fjernvarmerør.

7 Eksempler vedrørende varme- og ventilationsformer

De undersøgte kombinationer af varme- og ventilationsformer er oversigtsmæssigt vist i skemaer i bilag 2. Der er foretaget en opdeling mht. ventilationsform svarende til uden ventilation, med mekanisk ventilation og med mekanisk udsugning. I det følgende foretages en energimæssig beskrivelse, som grundlag for beregning af driftsøkonomien (energiudgifterne).

Overordnet set betragtes varmekilderne oliefyr, gasfyr, fjernvarme, elvarme og varmepumpe (jord/vand, luft/luft og luft/vand).

Oliefyr, gasfyr og fjernvarme og varmepumpeanlæg er energimæssigt set i relation til nye energibestemmelser meget ens. Årsnyttevirkningen (indfyret energimængde ift leveret energimængde) for state-of-the-art oliefyr, gasfyr og fjernvarmeanlæg vil typisk være 90 % for oliefyr og ca. 100 % for gasfyr og fjernvarmeanlæg. Den praktiske årsnyttevirkning for varmepumpeanlæg er typisk 250-400 %, så den næsten neutraliseres af faktoren 2,5 på el i forhold til de øvrige energiprodukter. Elvarmen adskiller sig dog markant fra de øvrige idet den ”belastes” med faktoren 2,5.

Hjælpeenergi til opvarmning medregnes, idet der for olie og gasfyr medtages et elforbrug (250 kWh/år) til drift af kedel og pumpe mm. For fjernvarme regnes med indirekte tilslutning (direkte tilslutning til varmtvandsbeholder), idet der medregnes et elforbrug til en pumpe (30 W = 150 kWh/år) på sekundærsiden af varmeveksleren. Ved ventilation med varmegenvinding regnes med et elforbrug på $1200 \text{ J/m}^3 = 426 \text{ kWh/år}$. Hvis der kun er udsugning regnes med det halve elforbrug (gælder også ventilationsvarmepumper med kun udsugning).

7.1 Varmepumpe – jord/vand

Jord/vand-varmepumpeanlæg omfatter to cirkulationspumper til hhv. internt og eksternt røranlæg samt en kompressor. Den installerede effekt er typisk 3-10 kW. Disse anlæg dimensioneres typisk til at dække op til 95 % af varmebehovet, idet spidsbelastninger klares med typisk en elpatron. Dette skyldes dels at effekten er dyr og dels at effektfaktoren er lav når behovet er størst (pga. lavere udetemperatur). Det skal desuden bemærkes at der er forskel på om varmepumpen anvendes i et system med gulvvarme (lavtemperatur) eller radiatorvarme, da effektfaktoren er større ved lave udgående temperaturer. Der betragtes dels en jord/vand-varmepumpe der producerer den nødvendig rumvarme og varmt brugsvand (IVT Greenline Compact + Vølund 1210), og dels et anlæg der udover at hente varmen fra jorden også udnytter varme fra indeluften i forbindelse med mekanisk udsugningsanlæg (IVT 495 Twin). At indeluften for sidstnævnte anlæg også udnyttes betyder at omfanget af jordslanger kan reduceres, idet førstnævnte anlæg kræver 200 - 400 m slange, mens sidstnævnte kræver omkring 150 m.

7.2 Varmepumpe – luft/luft

Luft/luft-varmepumpeanlæg omfatter to ventilatorer til hhv. inde- og udedelen samt en kompressor. Den installerede effekt er typisk 2-6 kW

7.3 Varmepumpe – luft/brugsvand

Luft/brugsvand-varmepumper er typisk varmepumper hvor varmekilden er indeluft og omfatter en ventilator til udsugning og en kompressor. Den rene brugsvandsvarmepumpe Nilan VGU250 betragtes. Herudover betragtes brugsvandsvarmepumper der samtidig laver varmt vand til rumopvarmning; f.eks. Vølund F310P og Nilan VGU 250 EK (baseret på Elkedel).

7.4 Varmepumpe – luft/brugsvand&luft

Luft/brugsvand&luft-varmepumpeanlæg omfatter to ventilatorer til hhv. udsugning af indeluft og indblæsning af forvarmet friskluft samt en kompressor. Energien i udsugningsluften benyttes til produktion af varmt brugsvand samt opvarmning af indblæsningsluften. Under normal drift (vinter) har brugsvandet første prioritet, hvorefter den resterende energi udnyttes til opvarmning af indblæsningsluften. Typisk vil varmepumpen kunne dække hele forbruget af varmt brugsvand samt ventilationstabet. Der betragtes et anlæg, der også kan levere den resterende energi til opvarmning via en indbygget elkedel (Nilan VP 18 EK). Desuden betragtes et anlæg, der kan lave brugsvand og varm luft via luft/luft-varmeveklser og overskudsvarme fra varmepumpe (Genvex Combi).

Tabel 5. Varmeydelse og effektfaktor (COP) for varmepumper.

Varmekilde/-afgiver	Fabrikat	Model	Varmeydelse, kW	COP
Jord/vand	IVT	Greenline C7	7,6 / 6,6 ¹	4,5 / 3,3
		Greenline C4	4,0 / 3,3 ¹	4,4 / 3,3
	Vølund	1210 (7)	8,8 / 7,7 ¹	4,7 / 3,3
		1210 (4)	4,8 / 3,9 ¹	4,6 / 3,1
Jord+luft/vand	IVT	495 TWIN	4,4 / 3,6 ¹	3,5 / 2,7
Indeluft/brugsvand & luft	Nilan	VP 18 (EK)	2,0 / 1,7	2,6 / 3,0 ²
Indeluft/brugsvand	Nilan	VGU 250	Ca. 1,0	2,6 ³
Indeluft/brugsvand & vand	Nilan	VGU 250 (EK)	Ca. 1,0	2,6 ⁴
Indeluft/brugsvand & vand	Vølund	F 310P	1,6	3,7 ⁵
Udeluft/luft	Toshiba	Multi Inverter	Ca. 6,0	3,6 ⁶
Indeluft/brugsvand & luft	Genvex	Combi S/XL	2,0	2,6 ⁷

¹ Ifølge EN255 ved temperaturparametre 0 / 35°C samt 0 / 55°C (for Vølund varmepumpe dog 0 / 50°C).

² Typisk praktisk årsnyttevirkning oplyst af Nilan ved luftmængde på ca. 150 m³/h. Er verificeret skønsmæssigt ud fra varmeydelser. Nilan oplyser også at varmepumpen på årsbasis typisk kan klare det varmebrugsvand og dække et varmeforbrug svarende til ventilationstabet i et 2006 hus. Effektoptaget for ventilatorer er ikke indregnet i effektfaktoren (antages samme elforbrug som Nilan Comfort 300).

³ Ved en luftmængde på ca. 150 m³/h. Varmepumpen kan ifølge Nilan levere det varme brugsvand uden supplerende fra elpatron. Effektoptaget til udsugningsventilatoren er ikke indregnet i effektfaktoren.

⁴ Denne adskiller sig fra VGU250 ved at den har indbygget elkedel (9 kW) til produktion af primært varme til rumopvarmning.

⁵ Effektfaktoren er baseret på luftmængde på 150 m³/h, fremløbstemperatur på 55°C og årlig gennemsnitlig udetemperatur. Effektfaktoren er kun baseret på effektoptaget for kompressoren, dvs. ventilator og cirkulationspumpe er ikke inkluderet. Antages som VP 18 at kunne bidrage med samme rumvarme svarende til ventilationstabet.

⁶ Baseret på oplysninger fra Teknologisk Institut's varmepumpe sektion. Der er tale om en skønnet praktisk årsnyttevirkning.

⁷ Denne indgår kun i tilfældet med ventilation med varmegenvinding. Det antages at luft/luft-varmegenvindingen svarer til Nilan Comfort 300, som anvendes for øvrige varmeformer. Derfor kun nødvendigt at medregne varmepumpens elforbrug til produktion af varmt brugsvand. Hjælpeel til ventilatorer antages samme størrelse som Nilan comfort 300.

I henhold til norm vedrørende måling af varmepumpers ydelse skal elforbrug til hjælpeenergi (pumper og ventilatorer) indregnes ved angivelse af varmepumpens effektfaktor. I nogle producenters datablade er henvist til gældende norm og anført at pumper ikke er indregnet. Dette kan skyldes at disse skal indregnes ud fra måling af tryktab og volumenstrøm og med virkningsgrad

på 0,3, hvilket er en væsentligt bedre virkningsgrad end for almindelige små pumper. Derved medregnes et for lille elforbrug (lidt for god COP opnås). Det antages i de efterfølgende beregninger at hjælpeenergien er inkluderet i effektfaktorerne, hvis der er henvist til målinger iht. norm (gælder jord/vand varmepumpe).

8 Anlægs- og energipriser

Anlægspriser fremgår af bilag 3, hvoraf også de forudsatte levetider fremgår.

Prisen på fyringsolie steg kraftigt i slutningen af 1990'erne. Man ser nu igen en betydelig stigning i fyringsolieprisen. Oplysninger om historiske priser på fyringsolie kan hentes på oliebranchens fællesråd's hjemmeside. Da olieselskabernes priser varierer i forhold til hinanden, er der for at skabe kontinuitet valgt et enkelt af de store selskaber som kilde (hvilket selskab er ikke oplyst). Den seneste oplyste forbrugerpris er 7583 kr. pr. 1000 liter olie (06-04-2005). Omregnet til kr. pr. energimængde fås 761 kr./MWh, idet der er forudsat en brændværdi på 42,7 GJ/ton og en vægtfylde på 0,84 ton/kg.

Prisen på naturgas er baseres på oplysninger fra DONG. Der er mulighed for at vælge mellem forskellige prisaftaler for naturgas. Basispris er en variabel pris på naturgas, der følger prisen på fyringsolie inkl. afgifter. Den variable pris på naturgas reguleres hver måned i forhold til oliens pris. Basispris koster 120 kr./år inkl. moms. Forbrugerprisen for april 2005 er 7,58 kr./m³. Omregnet til kr. pr. energimængde fås 681 kr./MWh under forudsætning af en brændværdi på 40,06 MJ/m³.

Prisen på fjernvarme varierer meget, da den bl.a. afhænger af varmekilde, afskrivningspolitik, alder og pålæg fra myndigheder om brug af varmekilde. Forbrugerens udgift til fjernvarme er opdelt i faste og variable bidrag (energiforbrug). Ud fra Dansk Fjernvarmeforenings prisundersøgelse 2004 fremgår det at for 10 % af varmekilderne udgør det fast bidrag 20 % eller mindre af den samlede varmeregning for et "standardhuset", der er angivet til 12.700 kr./år. For 70 % af værkerne er det fast bidrag på mellem 20 og 40 %, mens det for de resterende 20 % er større end 40 %. Herudfra vil det være rimeligt at antage at det fast bidrag i gennemsnit udgør 30 % af varmeregningen svarende til 3810 kr./år. Den variable del, dvs. marginalprisen på selve varmen, baseres på fjernvarmeprisen hos KE (Københavns Energi) i april 2005, der er 525 kr./MWh.

Prisen på el baseres på Energitilsynets prisstatistik for januar 2005 (seneste prisstatistik). Forbrugerrelprisen er sammensat af fire dele; abonnement, markedsdel, netbetaling og moms og afgifter. Da abonnementsudgifter anses for afholdt til andre formål indregnes de ikke i elforbruget til opvarmningsformål. Forbrugerprisen for januar 2005 bliver således 1567 kr./MWh.

9 Totaløkonomi

Der opstilles resultatskemaer, der er oversigter over beregningsforudsætninger. Totaløkonomien i form af nuværdi af anlægs- og driftsudgifter over 30 år for de forskellige undersøgte kombinationer af varme- og ventilationsformer fremstilles separat i diagrammer. Diagrammerne viser de samlede udgifter samt de enkelte bidrag i form af anlægsudgifter, energiudgifter, service- og vedligeholdelsesudgifter og udgifter til at merisolere, når der ikke er ventilation med varmegenvinding og ved direkte elvarme.

Anlægsudgifter er angivet med minimum og maksimum pris. Som udgangspunkt regnes med en middelværdi. For jord/vand-varmepumpeanlæg regnes med den mindste pris, for at tage højde for at behovet i fremtidens huse er anlæg med mindre kapacitet og dermed mindre og billigere anlæg. For fjernvarme er anført en pris for tilslutning på 0 - 50.000 kr. Det antages i beregningerne at tilslutning er gratis. Det skal desuden bemærkes at der for visse varmepumper er regnet med en lavere effektfaktor ved produktion af varmet brugsvand (pga. højere temperaturniveau).

Der er foretaget følsomhedsanalyser med hensyn til energipris og realrente (se Tabel 6).

Tabel 6. Økonomiske scenarie i forbindelse med følsomhedsanalyser. ”P” står for privatøkonomisk og ”B” står for Bæredygtigt, jf. i øvrigt metodebeskrivelse i kapitel 2.

Scenarie	Energipris [kr./MWh]				Real kalkulationsrente [procent pr. år]
	Olie	Naturgas	Fjernvarme	El	
P1	761	681	525	1567	2,5
P2	1522	1362	1050	3134	2,5
B1	761	681	525	1567	0
B2	1522	1362	1050	3134	0

9.1 Typisk parcelhus der opfylder bruttoenergirammen i nye energibestemmelser 2006

Beregningsforudsætninger for hvert af de tre undersøgte tilfælde med hensyn til ventilationsform, er vist i nedenstående skemaer (Tabel 7, Tabel 8 og Tabel 9). De i tabellerne anførte energiudgifter er beregnet på basis af nuværende energipriser.

Tabel 7. Beregningsforudsætninger – 2006 hus uden mekanisk ventilation.

	Enhed	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Varmeform		Oliefyr	Naturgasfyr	Fjernvarme	Elvarme	VP-jord	VP luft
Energiprodukt		gasolie	naturgas	fjernvarme	el	el	el
Anlægspris, min	Kr.	81.000	69.000	44.000	28.500	111.000	46.500
Anlægspris, max	Kr.	86.000	74.000	109.000	38.500	131.000	46.500
Service&vedligehold	Kr./år	1.000	1.000	250	100	600	600
Levetid varmeanlæg	år	15	15	30	20	20	20
Varmebehov (tilført energi)	MWh/år	10,0	10,0	10,0	4,7	2,3	4,0
Hjælpeenergi (el)	kWh/år	250	250	150	0	0	0
Årsvirkningsgrad	[-]	0,9	1,0	1,0	1,0	3,3 - 4,6	3,6
Faste afgift til varmelev.	Kr./år	0	120	3.810	0	0	0
Energipris	Kr./MWh	761	681	525	1.567	1.567	1.567
Energiudgifter	Kr./år	8.002	7.322	9.295	7.365	3.642	6.338
Merisolering	Kr.	97.000	97.000	97.000	153.000	97.000	97.000

Tabel 8. Beregningsforudsætninger – 2006 hus med mekanisk ventilation med varmegenvinding.

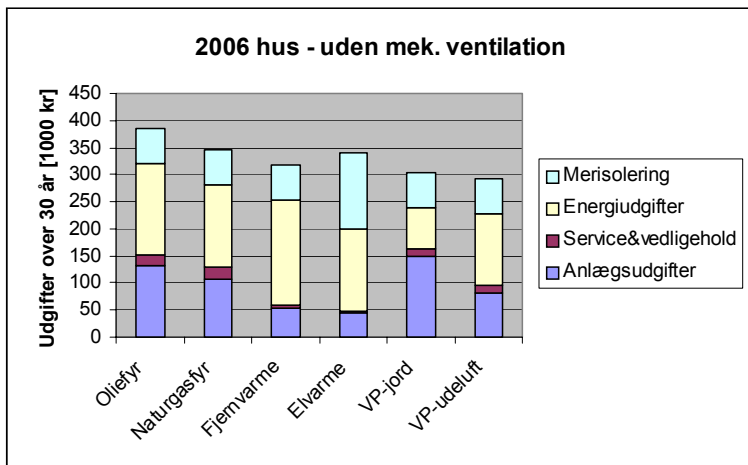
	Enhed	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Varmeform		Oliefyr	Naturgasfyr	Fjernvarme	Elvarme	VP-jord	VP-luft
Energiprodukt		gasolie	naturgas	fjernvarme	el	el	el
Anlægspris, min	Kr.	117.000	105.000	80.000	82.000	155.000	82.000
Anlægspris, max	Kr.	122.000	110.000	145.000	92.000	175.000	92.000
Service&vedligehold	Kr./år	1.500	1.500	750	600	1.100	600
Levetid varmeanlæg	år	15	15	30	20	20	20
Varmebehov (tilf. energi)	MWh/år	10,0	10,0	10,0	4,7	2,4	5,7
Hjælpeenergi (el)	kWh/år	676	676	576	426	426	426
Årsvirkningsgrad	[-]	0,9	1,0	1,0	2,6	3,3 - 4,6	2,6 - 3,0
Faste afgift til varmelev.	Kr./år	0	120	3.810	0	0	0
Energipris	Kr./MWh	761	681	525	1.567	1.567	1.567
Energiudgifter	Kr./år	8.669	7.989	9.963	7.990	4.398	9.547
Merisolering	Kr.	0	0	0	108.000	0	0

Tabel 9. Beregningsforudsætninger – 2006 hus med mekanisk udsugning.

	Enhed	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Varmeform		Oliefyr	Naturgasfyr	Fjernvarme	Elvarme	VP-jord	VP-luft	VP-luft
Energiprodukt		gasolie	naturgas	fjernvarme	el	el	el	el
Anlægspris, min	Kr.	107.000	95.000	75.000	50.000	125.000	85.000	81.000
Anlægspris, max	Kr.	112.000	100.000	140.000	60.000	130.000	95.000	86.000
Service&vedligehold	Kr./år	1.250	1.250	500	350	900	600	500
Levetid varmeanlæg	år	15	15	30	20	20	20	20
Varmebehov (tilf. energi)	MWh/år	10,0	10,0	10,0	4,7	3,0	5,2	4,7
Hjælpeenergi (el)	kWh/år	463	463	363	213	0	363	363
Årsvirkningsgrad	[-]	0,9	1,0	1,0	2,6	2,7-3,5	3,7	2,6
Faste afgift til varmelev.	Kr./år	0	120	3.810	0	0	0	0
Energipris	Kr./MWh	761	681	525	1.567	1.567	1.567	1.567
Energiudgifter	Kr./år	8.336	7.656	9.629	7.656	4.710	8.652	7.891
Merisolering	Kr.	97.000	97.000	97.000	153.000	97.000	97.000	153.000

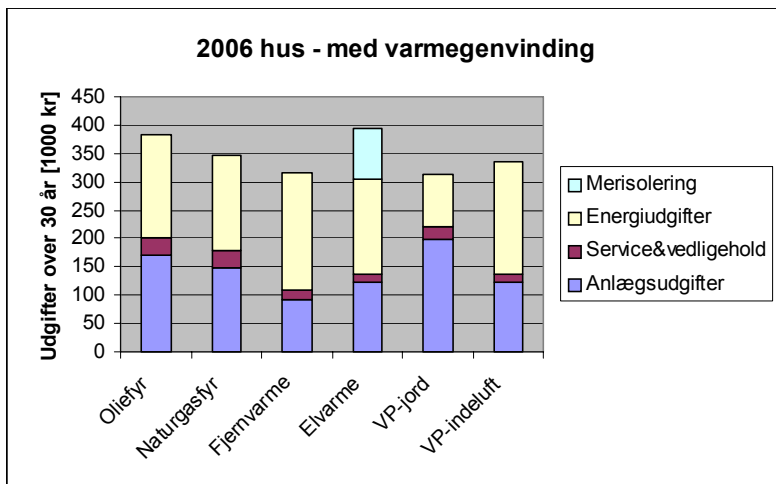
Efterfølgende er vist diagrammer med resultaterne af de totaløkonomiske beregninger. De beregnede udgifter svarer til det økonomiske scenarie P1, dvs. nuværende energipriser og rente.

Det fremgår af Figur 2, at der generelt ikke er den helt store økonomiske forskel på de forskellige varmeformer. De økonomisk bedste anlæg er varmepumper og fjernvarme, der er forbundet med en udgift på ca. 300.000 kr. over 30 år, mens oliefyret er dårligst. Elvarme er på trods af små installationsudgifter ikke umiddelbart attraktiv, da det er nødvendigt at merisolere huset betydeligt for at tage højde for at el indgår med en faktor 2,5 i energirammen.



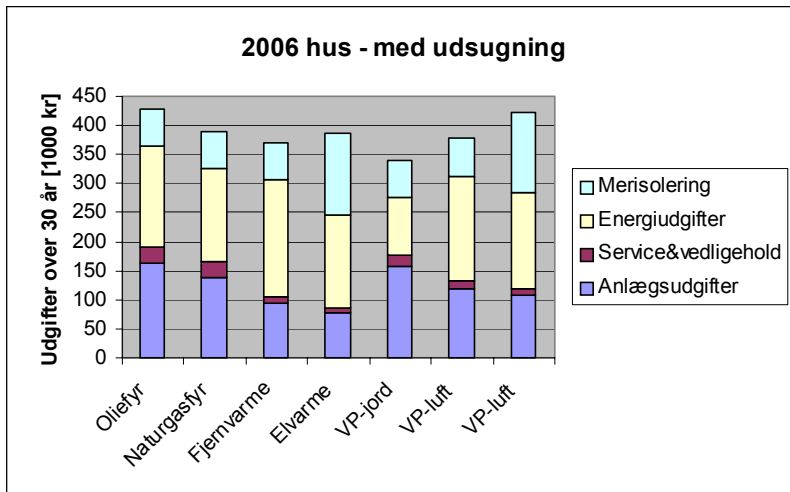
Figur 2. Energirelaterede udgifter over 30 år for et typisk parcelhus svarende til nye energibestemmelser, uden mekanisk ventilation (naturlig ventilation) og ved forskellige varmeformer.

Hvis der antages mekanisk ventilation med varmegenvinding (Figur 3), er situationen nogenlunde den samme, idet fjernvarme og jordvarmepumpe er bedst økonomisk set. Sammenlignet med naturlig ventilation, er udgiften over 30 år stort set den samme (ca. 300.000 kr.). Elvarme er den dyreste opvarmningsform af de grunde som allerede er påpeget.



Figur 3. Energirelaterede udgifter over 30 år for et typisk parcelhus svarende til nye energibestemmelser ved mekanisk ventilation med varmegenvinding og forskellige varmeformer.

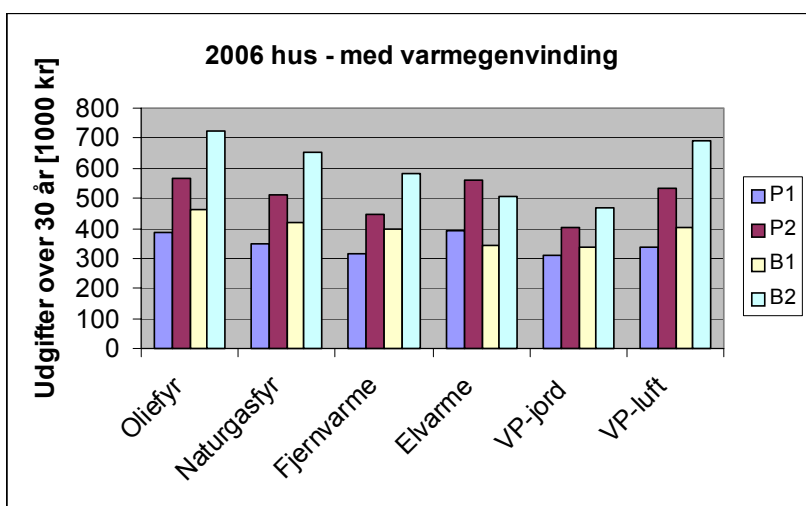
I tilfældet ”mekanisk udsugning” (Figur 4), er der antaget installeret et udsugningsanlæg med brugsvandsvarmepumpe for varmeformerne olie, gas, fjernvarme og elvarme. Varmepumpeanlæggene har indbygget udsugning. Det ses at udgiftsniveauet generelt er noget højere end for de to øvrige ventilationsformer, og at jordvarmepumpen er billigst.



Figur 4. Energirelaterede udgifter over 30 år for et typisk parcelhus svarende til nye energibestemmelser ved mekanisk udsugning og forskellige varmeformer.

Man kan overordnet konkludere, at overholdelse af energirammen 2006 med naturlig ventilation eller ventilation med varmegenvinding, er forbundet med omtrent samme totaløkonomi. Da mekanisk ventilation med varmegenvinding typisk giver et væsentligt bedre indeklima end naturlig ventilation, er denne ventilationsform at foretrække. Dette skal også ses i lyset af udviklingen af stadig bedre og billigere løsninger.

I Figur 5 er vist resultater for de forskellige økonomiske scenarier for fremtiden (jf. Tabel 6). Det ses at beregningsfølsomheden er moderat. Fjernvarme og jordvarmepumpe fremstår generelt som de billigste opvarmningsformer.



Figur 5. Energirelaterede udgifter over 30 år for forskellige økonomiske scenarier.

9.2 Typisk parcelhus i lavenergiklasse 2 og 1

For at opfylde kravene til lavenergiklasse 2 og 1 må den tilførte varme til rumopvarmning ikke overstige i størrelsesordenen 4,9 MWh/år for klasse 2 og 2,3 MWh/år for klasse 1. Dette lave niveau er realistisk set ikke muligt at opnå uden mekanisk ventilation med varmegenvinding. Der kan derfor i forbindelse med beregninger af lavenergiklasse 2 og 1 ses bort fra cases A og C.

Beregningsforudsætninger for de to lavenergiklasser er vist i Tabel 10 og Tabel 11. Det skal bemærkes, at for at direkte elvarme kan anvendes i forbindelse med et lavenergiklasse 1 hus, skal der, som det var tilfældet med 2006-huset, kompenseres for faktoren 2,5 på elforbrug. Dette betyder at isoleringsniveauet skal være 2,5 gange bedre end lavenergiklasse 1 ved traditionel opvarmning. Da udgangspunktet er et hus med omtrent 50 % bedre isoleringsniveau end 2006-huset, vil det være særdeles kostbart at opnå det nødvendige isoleringsniveau. Merisoleringen prissættes i mangel på kvalificeret bud svarende til merudgiften for 2006-huset med elvarme, således at de beregnede totaløkonomiske udgifter må betragtes som minimumsværdier.

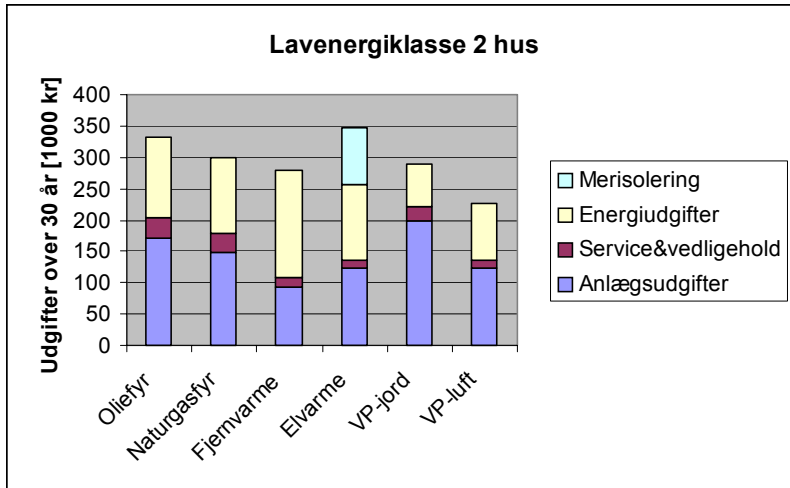
Tabel 10. Beregningsforudsætninger – lavenergiklasse 2.

	Enhed	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Varmeform		Oliefyr	Naturgasfyr	Fjernvarme	Elvarme	VP-jord	VP-luft
Energiprodukt		gasolie	naturgas	fjernvarme	el	el	el
Anlægspris, min	Kr.	117.000	105.000	80.000	82.000	155.000	82.000
Anlægspris, max	Kr.	122.000	110.000	145.000	92.000	175.000	92.000
Service&vedligehold	Kr./år	1.500	1.500	750	600	1.100	600
Levetid varmeanlæg	år	15	15	30	20	20	20
Varmebehov (tilført energi)	MWh/år	6,7	6,7	6,7	3,3	1,6	2,3
Hjælpeenergi (el)	kWh/år	676	676	576	426	426	426
Årsvirkningsgrad	[-]	0,9	1,0	1,0	2,6	3,2 - 4,5	2,6 - 3,0
Faste afgift til varmelev.	Kr./år	0	120	3.810	0	0	0
Energipris	Kr./MWh	761	681	525	1.567	1.567	1.567
Energiudgifter	Kr./år	6.158	5.742	8.230	5.796	3.249	4.308
Merisolering	Kr.	0	0	0	108.000	0	0

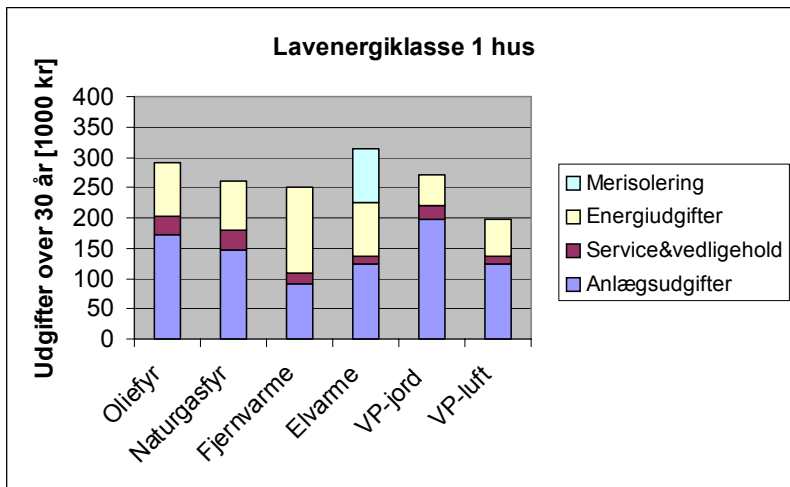
Tabel 11. Beregningsforudsætninger – lavenergiklasse 1.

	Enhed	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Varmeform		Oliefyr	Naturgasfyr	Fjernvarme	Elvarme	VP-jord	VP-luft
Energiprodukt		gasolie	naturgas	fjernvarme	el	el	el
Anlægspris, min	Kr.	117.000	105.000	80.000	82.000	155.000	82.000
Anlægspris, max	Kr.	122.000	110.000	145.000	92.000	175.000	92.000
Service&vedligehold	Kr./år	1.500	1.500	750	600	1.100	600
Levetid varmeanlæg	år	15	15	30	20	20	20
Varmebehov (tilført energi)	MWh/år	4,1	4,1	4,1	2,3	1,1	1,5
Hjælpeenergi (el)	kWh/år	676	676	576	426	426	426
Årsvirkningsgrad	[-]	0,9	1,0	1,0	2,6	3,2 - 4,5	2,6 - 3,0
Faste afgift til varmelev.	Kr./år	0	120	3.810	0	0	0
Energipris	Kr./MWh	761	681	525	1.567	1.567	1.567
Energiudgifter	Kr./år	4.179	3.971	6.865	4.229	2.343	2.950
Merisolering	Kr.	0	0	0	108.000	0	0

Det ses at elvarme økonomisk klarer sig dårligst af de undersøgte varmeformer, hvilket ikke er overraskende, jf. ovenstående betragtninger. Luftvarmepumpen (Nilan VP 18) fremstår som den klart bedste varmeform, men er baseret på at den dækker det samlede behov for opvarmning, hvilket den nok i praksis vil have svært ved at gøre hele året.

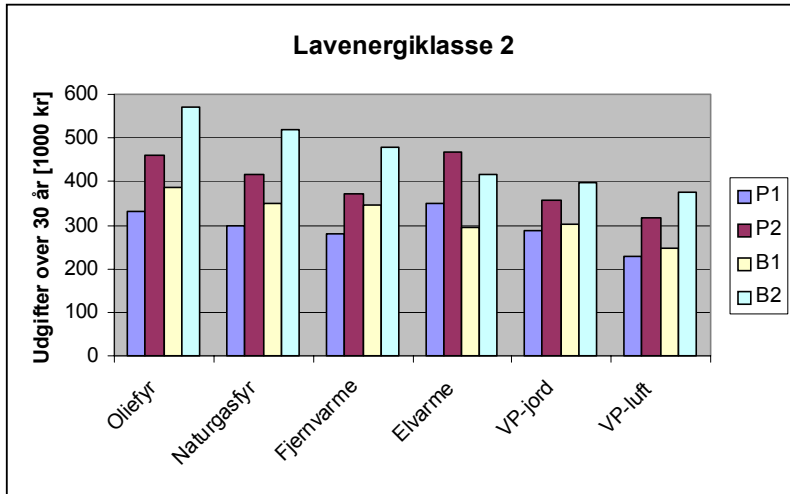


Figur 6. Energirelaterede udgifter over 30 år for et typisk parcelhus i lavenergiklasse 2 ved forskellige varmeformer.

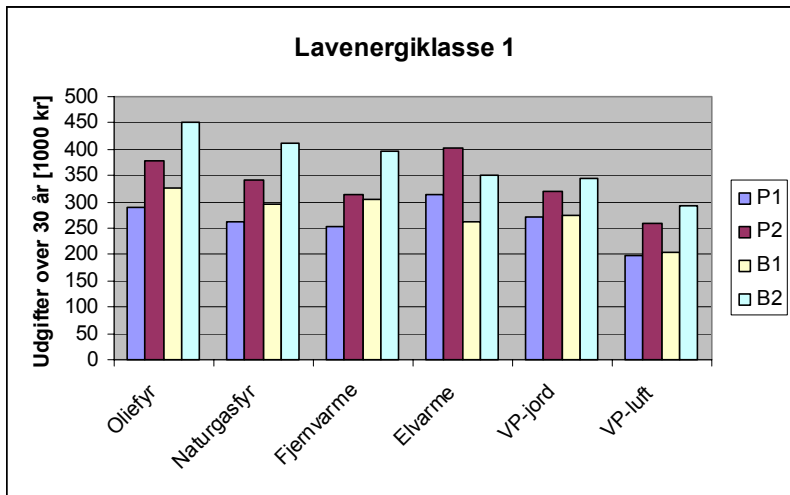


Figur 7. Energirelaterede udgifter over 30 år for et typisk parcelhus i lavenergiklasse 1 ved forskellige varmeformer.

I Figur 8 og Figur 9 er vist resultater for de forskellige økonomiske scenarier.



Figur 8. Energirelaterede udgifter over 30 år for forskellige økonomiske scenarier, lavenergikl. 2.



Figur 9. Energirelaterede udgifter over 30 år for forskellige økonomiske scenarier, lavenergikl. 1.

10 Vurdering af opvarmningsformer

”State of the art” olie- og gasfyrede kedelanlæg til småhuse er væsentligt overdimensionerede i forhold til krav til tilført varme i fremtidens huse, hvilket medfører et unødvendigt stort varmetab. Typiske kedler har en ydelse på 15-20 kW. Som beregninger i denne rapport viser, vil effektbehovet være omkring 5 kW i et typisk 135 m² hus med en veldimensioneret varmtvandsbeholder, der opføres efter de nye energibestemmelser i 2006 (for lavenergihuse vil effektbehovet være nogle få kW). For kedler med konstant kedeltemperatur, vil tomgangstabet være omtrent det samme året rundt, mens det er betydeligt lavere for kedler, hvor styringen tillader at temperaturen sænkes i perioder mellem brænderstart (særligt ved varmtvandsproduktion om sommeren). Førstnævnte styring vil i sammenhæng med dagens overdimensionerede kedler resultere i en væsentlig nedsat sommervirkningsgrad. Da detaljerede simuleringer i rapporten samtidig viser at perioden, hvor der kun er behov for varmt brugsvand, udgør ca. 4 måneder i et 2006-hus og 6 måneder i et lavenergiklasse 1, er der et stort behov for udvikling af små kedler med temperaturstyring, hvis individuelle olie- og naturgasfyr skal være interessante som opvarmningsform i fremtiden lavenergihuse.

Fjernvarme er meget udbredt og typisk billigste opvarmningsform i boliger med gennemsnitlige varmebehov, hvis der er mulighed for tilslutning. Afregningsformen ved fjernvarme består af både en fast afgift og et variabelt bidrag, der er afhængig af energiforbruget. Med et varmebehov på ca. 10 MWh og varmeudgift på ca. 5.000 kr./år i et typisk 2006-hus, nærmer det variable bidrag sig dermed den typiske faste afgift, hvilket ikke er hensigtsmæssigt set fra et energispare synspunkt. Derfor overvejes det også at ophæve tilslutningspligten i forbindelse med indførelse af de nye energibestemmelser.

Fremtidens fjernvarme kan i øvrigt blive presset økonomisk, når et mindre forbrug skal betale for et konstant og væsentligt varmetab fra traditionelle fjernvarmerør. Men den behøver ikke blive fordyret. En billigsgørelse af fremtidens lavenergifjernvarme vil kunne ske, ved god dimensionering og regulering af husenes varmeanlæg, og dermed effektiv afkøling (ned til ca. 15-20°C), så returvandet kan returneres i uisolerede rør. Desuden vil materialeforbruget til fjernvarmerør kunne mindskes pga. et væsentlig mindre effektbehov i huse med varmtvandsbeholder til udjævning af spidslaster. En effektiviseringsmulighed i forhold til fjernvarmeinstallationen, er udvikling af små veldimensionerede og isolerede fjernvarmeunits, idet fjernvarmeunit i dag i stort antal udføres uden den lovbestemte isolering.

Det skal bemærkes at fjernvarme har den fordel i forhold til øvrige opvarmningsformer, at den er mindre afhængig af energipriserne på verdensmarkedet, da biomasse, affald og overskudsvarme fra industrien kan benyttes som brændsel. 40 % af fjernvarmen produceres allerede i dag på disse CO₂-neutrale brændsler (jf. Dansk Fjernvarmes seneste statistik, 2003/2004).

Direkte elvarme bliver formentlig en mulighed i fremtidens lavenergihuse ved at det generelle forbud ophæves. I praksis bliver det dog svært at opfylde energirammen, da elforbrug ”belastes” med en faktor 2,5 i forhold til varmeforbrug, hvilket betyder at elopvarmede huse skal være 2,5 bedre energimæssigt set. De totaløkonomiske beregninger i rapporten viser således også at elvarme ikke er lige så fordelagtig som andre opvarmningsformer på trods af væsentligt lavere installationsudgifter. Mere el-produktion i fremtiden fra vedvarende energikilder (primært vind) vil kunne medføre en lempelse i ”straffen” af elforbrug. Det vil dog pga vindenergiens ustabilitet fortsat være behov for stabil (fossil) energiproduktion og samtidig må det forventes at prisen pr. produceret energienhed vil forøges.

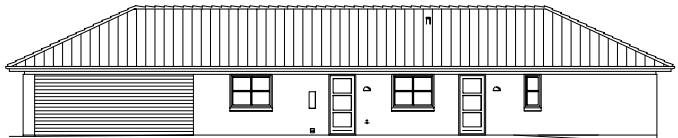
De totaløkonomiske beregninger indikerer at jordvarmepumpen vil være en attraktiv løsning i fremtidens huse. Ulempe ved denne varmeform er dog de høje installationsudgifter, men en større udbredelse vil kunne mindske udgiften. En stor udbredelse af varmepumper, vil alt andet lige betyde et væsentligt forøget elbehovet i kolde vintermåneder, og dermed kræve ændringer i elforsyningssystemet. Jordvarmepumpen er især en god løsning i forbindelse med gulvvarme, da virkningsgraden er betydeligt højere ved lave udgående temperaturer (35°C) end ved høje temperaturer som f.eks. i radiatoranlæg. Beregninger på luft-luft varmepumpe viser en god økonomi, men opvarmningsformen er problematisk i forhold til normale komfort krav. Rene brugsvandsvarmepumper i forbindelse med mekanisk udsugning udelukker brug af ventilation med varmegenvinding. Totaløkonomisk set er ventilation med varmegenvinding en betydeligt bedre løsning.

Vurderinger af fremtidens varmeformer bør egentligt mest ses i lyset af de langsigtede udviklingstendenser, der er huse med et energiforbrug svarende til lavenergiklasse 1 (forventet krav i DK i 2015 svarende omtrent til "passiv house niveau"), og et energisystem hvor olie og gas udgår eller bliver meget dyrere. Varmefordelings-, ventilations- og varmforsyningsanlæg vil sandsynligvis kunne videreudvikles som nye typer og ikke bare minimering pga. mindre effekt. Løsningen kunne være gulvvarme som basisvarme over hele huset og med meget lav temperatur og dermed færre koblinger og styringer. Anlægget kunne derved laves billigere og med bedre effektivitet samt døgnudjævning, som sætter effektbehovet længere ned - typisk 0,5 kW til rumvarme og 0,5 kW til varmt brugsvand - så hele huset kunne nøjes med en fjernvarmeforsyning på 1 kW. Den vigtige afkøling af fjernvarmen opnås med lavtemperatur gulvvarme og højeffektiv varmeveksling af varmt brugsvand med en styring, der kan kombinere døgn-udjævnet genopvarmning af varmvandsbeholderen med dækning af varmetab og stor afkøling i koldtandsdelen i varmvandsbeholderen. En anden løsning kunne være ventilationsluft som "varmeanlæg", idet luften opvarmes til over 20 °C og føres ind under gulve som luftindblæsnings-gulvvarme.

11 Referencer

- [1] Optimal isolering af klimaskærmen i relation til nye skærpede energibestemmelser. Henrik Tommerup, Svend Svendsen. Sagsrapport SR-05-02. 2005.
- [2] Kedeffektivitet for oliefyr og naturgaskedler i enfamiliehuse. Simon Furbo m. fl. BYG-DTU, Teknologisk Institut og Dansk Gasteknisk Center A/S. Rapport R-072. 2004.

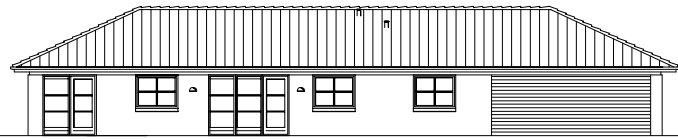
Bilag 1: Eksempelhus - Facader, plan og tværsnit.



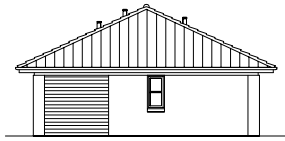
Facade mod Øst



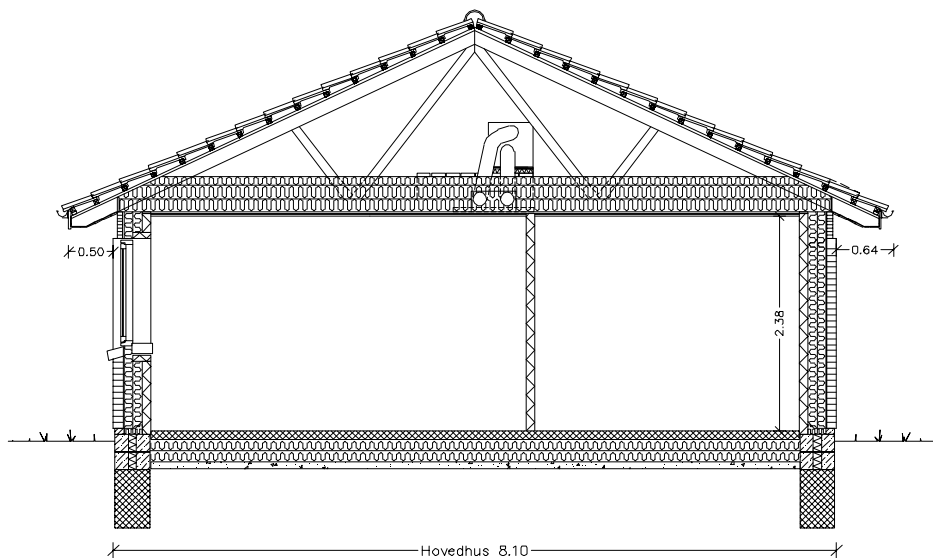
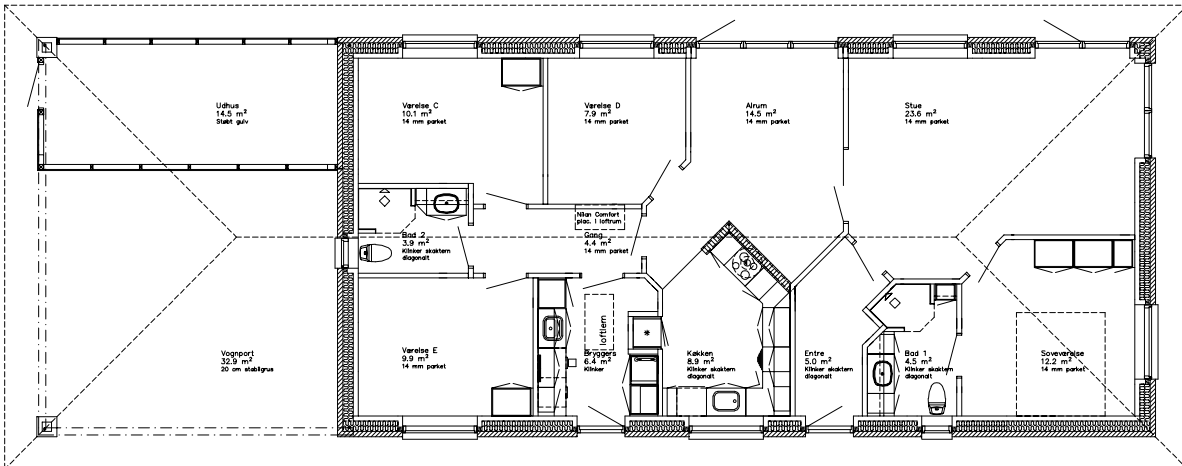
Gavl mod Nord



Facade mod Vest



Gavl mod Syd



Bilag 2: Varme- og ventilationsformer – beregningseksempler

Levetiderne for de enkelte komponenter er fastsat ud fra tal som også benyttes af Teknologisk institut²⁾, Energistyrelsen³⁾ og DTU-BYG⁴⁾.

Priser på aggregater er indhentet fra installatører og den samlede pris på systemerne inkl. montering er baseret på overslagspriser og kan variere alt afhængig af bygningens udformning og fra installatør til installatør. Der er taget udgangspunkt et hus på 135 m².

Medhensyn til varmesystem har det vist sig meget vanskeligt at finde nogle generelle installationspriser når det drejer sig om gulvvarme. Dette skyldes at gulvvarme afhænger af en lang række forhold f.eks. gulvkonstruktion, typen af styring og udregning af en installationspris kræver derfor at man baserer sig på en specifik løsning og denne vil ikke kunne holdes generel. Derfor er der i beregninger af det vandbårne varmesystem taget udgangspunkt i priserne på www.farvelel.dk hvor en række installatører giver tilbud på et varmesystem med 7 radiatorer og for El-varme systemet er der taget udgangspunkt i tilbud på www.nesa.dk fastpristilbud på 6 El-radiatorer inkl. montering. Begge tilbud gælder uanset hvilke størrelse radiatorer der er behov for og må derfor anses for at være meget generelle. Energistyrelsen har i deres rapport omkring effektivisering af fjernvarme sektoren⁵⁾ anvendt samme kilde til indhentning af priser på varmesystem. Disse to muligheder må anses for at være de billigste løsninger og herudover er det op til den enkelte bruger at vurdere merpris kontra ekstra komfort. Her i rapporten er det vigtigste af der er valgt samme vand/el varmesystem i eksemplerne så de kan sammenlignes.

Priser på service og vedligehold er hentet tal som også benyttes af Teknologisk institut⁶⁾, Energistyrelsen⁷⁾ og DTU-BYG⁸⁾.

Priserne forudsætter der er tale om nybyggeri og alle priser er inklusiv moms.

Der laves totaløkonomiske beregninger for alle eksempler ud fra bruttoenergirammen 2005 og de 2 forventede energirammer i hhv. 2010 (lavenergi kl. 2) og 2015 (lavenergi kl. 1)

6.2 Opvarmningssystem uden mekanisk ventilation

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Type	Olie	Naturgas	FV	EL varme	VP jord/vand	VP luft/luft
Modeller					IVT Greenline Vølund 1210	Toshiba Multi Inverter
Varmekilde						
	Olie	Naturgas	FV	EL	Jord	Udeluft
Opvarmning						
Vandbåren gulv-/radiatorvarme	x	x	x		x	
EL gulvvarme				x		
Luftvarme						x
Ventilation						
Kun udsugning						
Udsugning og opvarmet indblæsningsluft						
Varmt brugsvand						
Varmt brugsvand	x	x	x	(x) ⁴	x	(x) ⁴

⁴ Opvarmning af varmt brugsvand med separat EL vandvarmer

6.3 Opvarmningssystemer inklusivt ventilationssystem med varmegenvinding

Mekanisk udsugning og indblæsning hvor varmegenvinding går til opvarmning af indblæsningsluft.

De systemer som ikke indeholder ventilation (markeret med (x)) er suppleret med Nilan Comfort 300 ventilationsanlæg med VGV, dog er eksempel B4 suppleret med en Genvex COMBI L i stedet for også at få varmt brugsvand.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Type	Olie	Naturgas	FV	EL varme	VP jord/vand	VP Luft/brugsvand & luft
Model					IVT greenline Vølund 1210	Nilan VP18 (EK)
Varmekilde						
	Olie	Naturgas	FV	EL	Jord	Indeluft
Opvarmning						
Vandbåren gulv-/radiatorvarme	x	x	x		x	x (EK) ¹²
EL gulvvarme				x		
Luftvarme						x
Ventilation						
Kun udsugning						
Udsugning og opvarmet indblæsningsluft ¹³	(x)	(x)	(x)	(x) ¹⁴	(x)	x
Varmt brugsvand						
Varmt brugsvand	x	x	x	(x) ¹⁴	x	x

¹² EK er en model med en indbygget EL-kedel til vandbåret gulvvarme

¹³ Via Nilan Comfort 300 ventilationsanlæg med VGV

¹⁴ Genvex COMBI kombineret krydsvarmeveksler og varmepumpe til ventilation og varmt vand.

6.4 Opvarmningssystemer med udsugningssystem og varmegenvinding

Udsugning hvor varmegenvinding går til varmt brugsvand.

De systemer som ikke har indbygget ventilation (markeret med (x)) er her suppleres med Nilan VGU 250 varmegenvindingsanlæg (varmepumpe) som udnytter varmen fra den udsugede luft til opvarmning varmt brugsvand.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Type	Olie	Naturgas	FV	EL varme	VP jord/vand og luft/vand	VP Luft/brugsvand	VP luft/brugsvand
Model					IVT 495 Twin	Vølund F 310P IVT 490	Nilan VGU250EK
Varmekilde							
	Olie	Naturgas	FV	EL varme	jord / indeluft	Indeluft	Indeluft
Opvarmning							
Vandbåren gulv-/radiatorvarme	x	x	x		x	x	x
EL gulvvarme				x			
Luftvarme							
Ventilation							
Kun udsugning ²⁰	(x)	(x)	(x)	(x)	x	x	x
Udsugning og opvarmet indblæsningsluft							
Varmt brugsvand							
Varmt brugsvand	(x)	(x)	(x)	(x)	x	x	x

²⁰ De systemer som ikke indeholder ventilation med opvarmet indblæsningsluft - markeret "(x)" - suppleres med Nilan VGU 250 udsugningsanlæg med VGV til brugsvand.

Bilag 3: Anlægsudgifter

6.2.1 Installations- og servicepriser på opvarmningssystem uden mekanisk ventilation

	Levetid	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Model						IVT Greenline C6HTP eller Vølund 1210	Toshiba Multi Inverter
Type		Olie natur. vent.	Naturgas natur. vent.	FV natur. vent.	EL panel	VP jord / vand	VP luft / luft
Tilslutning til offentlig net		0	0	0 – 50.000	0	0	0
Varmeaggregat inkl. montering	15	⁵ 47.000	⁶ 35.000	-	-	-	-
	20	-	-	-	⁷ 10 – 20.000	50.000	⁸ 36.000
	30	-	-	⁹ 10-20.000	-	-	-
Jordslanger	30	-	-	-	-	35 -50.000	-
Varmtvandsbeholder	20	inkl.	inkl.	inkl.	¹⁰ 9.500	Inkl.	¹⁰ 9.500
Opvarmningssystem ¹¹	30	25-30.000	25-30.000	25-30.000	Inkl.	25-30.000	inkl.
Vægventiler	20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Aftrækskanaler	100	5.000	5.000	5.000	5.000	0	0
Ventilatorer	20	3.000	3.000	3.000	3.000	0	0
I alt (min.)		81.000	69.000	44.000	28.500	111.000	46.500
I alt (max.)		86.000	74.000	109.000	38.500	131.000	46.500
Service varmeaggregat	pr år	1.000	1.000	250	100	600	600

⁵ Møllgaard VVS, Horsens, Skorsten, kedel, 1500 L oiletank, 100 L varmtvandsbeholder.

⁶ Fra www.vvshitlisten.dk

⁷ Aktuelt tilbud fra nesa: 6 El-radiatorer monteret uanset størrelse. : 10.500 kr inkl. moms

⁸ Multiinverter Inkl. 2 indedele fra www.nesa.dk

⁹ Fra www.farvelel.dk

¹⁰ Fra www.nesa.dk, El-vandvarmer med 110 L beholder

¹¹ System med 7 radiatorer, priser fra www.farvelel.dk

6.3.1 Installations- og servicepriser inklusivt ventilationssystem med indbygget varmegenvinding

	Levetid	B1	B2	B3	B4	B5
Model		Oliefyr og Nilan Comf. 300	Gasfyr og Nilan Comf. 300	FV og Nilan Comf. 300	El-varme og Nilan VP18 EK eller Genvex Combi L	IVT Greenline eller Vølund 1210 og Nilan Comf. 300
Type		Olie mek. vent.	Naturgas mek. vent.	FV mek. vent.	El-varme mek. vent. varmepumpe	VP jord / vand
Tilslutning til offentligt net		0	0	0 – 50.000	0	0
Varmeaggregat inkl. montering	15	¹⁵ 47.000	¹⁶ 35.000	-	-	-
	20	-	-	-	¹⁷ 10 – 20.000	50.000
	30	-	-	10-20.000	-	-
Jordslanger	30	-	-	-	-	35 – 50.000
Varmtvandsbeholder	20	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	Inkl.
Opvarmningssystem ¹⁸	30	25-30.000	25-30.000	25-30.000	Inkl.	25-30.000
Vægventiler	20	-	-	-	-	-
Aftrækskanaler	100	-	-	-	-	-
Ventilatorer	20	-	-	-	-	-
Ventilationsaggregat	20	18.000	18.000	18.000	¹⁹ 45.000	18.000
Kanalsæt, instal. indkøring	100	27.000	27.000	27.000	27.000	27.000
I alt (min.)		117.000	105.000	80.000	82.000	155.000
I alt (max.)		122.000	110.000	145.000	92.000	175.000
Service varmeaggregat	pr år	1.000	1.000	250	100	600
Service ventilationssystem	pr år	500	500	500	500	500

¹⁵ Møllgaard VVS, Horsens, Skorsten, kedel, 1500 L olietank, 100 L varmtvandsbeholder.

¹⁶ Fra www.vvshitlisten.dk

¹⁷ Aktuelt tilbud fra nesa: 6 El-radiatorer monteret uanset størrelse.: 10.500 kr inkl. moms

¹⁸ System med 7 radiatorer, priser fra www.farvelel.dk

¹⁹ Nilan VP 18 eller Genvex Combi L med varmt brugsvand.

6.4.1 Installations- og servicepriser inklusiv udsugningsanlæg med varmegenvinding

	Levetid	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Model		Oliefyr og Nilan VGU 250	Gasfyr og Nilan VGU 250	Fjernvarme og Nilan VGU 250	El-varme og Nilan VGU 250	IVT 495 Twin	Vølund F 310P IVT 490	Nilan VGU250EK
Type		Olie mek. vent.	Naturgas mek. vent.	FV mek. vent.	EL varme mek. vent.	VP jord/vand luft/vand	VP Luft/brugsvand	VP luft/brugsvand
Tilslutning til offentlig net		0	0	0 – 50.000	0	0	0	0
Varmeaggregat inkl. montering	15	²¹ 42.000	²² 30.000					
	20				²³ 10 – 20.000	50.000	43 – 48.000	²⁴ 39.000
	30			10 -20.00				
Jordslanger	30	-	-	-	-	33.000	-	-
Varmtvandsbeholder	20	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.	inkl.
Opvarmningssystem ²⁵	30	25-30.000	25-30.000	25-30.000	inkl.	25 – 30.000	25-30.000	25-30.000
Vægventiler	20	-	-	-	-	-	-	-
Aftrækskanaler	100	-	-	-	-	-	-	-
Ventilatorer	20	-	-	-	-	-	-	-
Nilan VGU 250 ²⁶	20	23.000	23.000	23.000	23.000	-	-	-
Kanalsæt, inst. indkøring	100	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
I alt (min.)		107.000	95.000	75.000	50.000	125.000	85.000	81.000
I alt (max.)		112.000	100.000	140.000	60.000	130.000	95.000	86.000

Service varmeaggregat	pr år	1.000	1.000	250	100	²⁷ 900	600	²⁸ 500
Service ventilationssystem	pr år	250	250	250	250	-	-	

²¹ Uden varmvandsbeholder

²² Uden varmvandsbeholder

²³ Aktuelt tilbud fra nesa: 6 El-radiatorer monteret uanset størrelse.: 10.500 kr. inkl. moms

²⁴ Model EK koster ca. 13.000 + moms mere (Nilan bruttopris: 31.000 kr. + moms) end modellen uden EL kedel. Denne merpris er lagt til nesa tilbud på VGU 250

²⁵ System med 7 radiatorer, priser fra www.farvelel.dk

²⁶ Fra www.nesa.dk samlet pris med 2-4 udsugningssteder: 39.985 kr. inkl. moms, levering og installation. Aggregat alene: 18.400 + moms.

²⁷ Lidt ekstra service pga. både jordslanger og udsugning

²⁸ Lidt ekstra service pga. indbygget kedel