



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

ENERGIKRAV TIL NYBYGGERIET 2015

ØKONOMISK ANALYSE

SBI 2016:13



Energikrav til nybyggeriet 2015

Økonomisk analyse

Søren Aggerholm

Titel Energikrav til nybyggeriet 2015
Undertitel Økonomisk analyse
Serietitel SBI 2016:13
Udgave 1. udgave
Udgivelsesår 2016
Forfatter Søren Aggerholm
Sprog Dansk
Sidetal 72
Emneord Energikrav, nybyggeri, Bygningsreglement 2015, økonomisk analyse

ISBN 978-87-563-1769-6

Forsidefoto Sirid Bonderup

Udgiver Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet,
A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV
E-post sbi@sbi.aau.dk
www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord	4
1 Formål	5
2 Forudsætninger og antagelser	6
2.1 Prisscenarier	8
2.2 Primærenergifaktorer	8
3 Energikrav	9
4 Eksempelbygninger og forudsætninger	10
4.1 Energibehov og -mål	10
4.2 Energiudgift	11
4.3 Miljøbelastning	11
4.4 Energitiltag	12
5 Enfamiliehuset	13
5.1 Energiløsninger og priser	13
5.2 Energitiltag og energibehov	14
5.3 Investering	18
5.4 Privatøkonomisk	22
5.5 Samfundsøkonomi	25
6 Dobbelt huset	28
6.1 Energiløsninger og priser	28
6.2 Energitiltag og energibehov	29
6.3 Investering	34
6.4 Privatøkonomisk	38
6.5 Samfundsøkonomi	41
7 Etagehuset	44
7.1 Energiløsninger og priser	44
7.2 Energitiltag og energibehov	45
7.3 Investering	47
7.4 Privatøkonomisk	49
7.5 Samfundsøkonomi	50
8 Kontorhuset	52
8.1 Energiløsninger og priser	52
8.2 Energitiltag og energibehov	53
8.3 Investering	55
8.4 Privatøkonomisk	56
8.5 Samfundsøkonomi	57
9 Sammenfatning og konklusion	59
9.1 Diskussion og konklusioner	63
Bilag 1. Basis parcelhus	65
Bilag 2. Basis dobbelt hus	67
Bilag 3. Basis etagehus	69
Bilag 4. Basis kontorhus	71

Forord

Analyserne i denne rapport er udført for Trafik- og Byggestyrelsen i forbindelse med implementeringen af nye energikrav til nybyggeriet i Bygningsreglement 2015. Rapporten er baseret på TBST's oplæg til energikravene til nybyggeri i BR15.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Energi og miljø
Maj 2016

Søren Aggerholm
Forskningschef

1 Formål

En lang række byggerier har allerede vist, at det i praksis er muligt med kendte og almindeligt anvendte bygge- og installationsløsninger at opføre byggerier, som opfylder kravene til Lavenergibyggeri 2015 i Bygningsreglement 2010. Desuden er der i de senere år blevet opført en række byggerier, som opfylder Bygningsklasse 2020.

Formålet med analyserne beskrevet i denne rapport er derfor alene at vurdere den privatøkonomiske rentabilitet for bygningsejerne og de samfundsøkonomiske konsekvenser ved stramning af Bygningsreglementets energirammekrav til nyt byggeri i 2015.

Rapporten bygger videre på erfaringer og systematik fra analyserne til energikravene i Bygningsreglement 2010 inklusive energikravene til Lavenergibyggeri 2015 i SBi 2009:04 "Skærpede krav til nybyggeriet 2010 og fremover. Økonomisk analyse" og fra analyserne op til indførelse af kravene til Bygningsklasse 2020 i BR 10 i SBi 2011:18: "Energikrav til nybyggeriet 2020 - Økonomisk analyse". Desuden bygger rapporten videre på systematik og data i afrapporteringen til EU om den omkostningseffektive balance i de nuværende danske energikrav i BR10 i SBi 2013:25: "Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations".

2 Forudsætninger og antagelser

Ved beregning af den privatøkonomiske rentabilitet og de samfundsøkonomiske konsekvenser er der anvendt forudsætninger og antagelser som angivet i det følgende. Den primære forskel på privatøkonomi og samfundsøkonomi er, at skatter og afgifter ikke indgår i de samfundsøkonomiske konsekvenser, mens de kan have stor betydning for privatøkonomien ved energibesparende tiltag.

Økonomien er generelt opgjort som beskrevet i:

COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

og i:

NOTICES FROM EUROPEAN UNION INSTITUTIONS, BODIES, OFFICES AND AGENCIES EUROPEAN COMMISSION. Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements (2012/C 115/01).

Samfundsøkonomien er desuden opgjort efter metoden, som er beskrevet i Energistyrelsens vejledning "Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet" fra april 2012 med data fra regnearkene i "Tabeller september 2012". Tallene blev opdateret af Energistyrelsen i december 2014, hvilket var efter at hovedparten af beregningerne var gennemført, hvorfor det ikke var muligt at benytte dem i analyserne.

Alle priser er 2014-priser. Energipriserne i de privatøkonomiske opgørelser er inkl. afgifter, svarende til den energipris, som private forbrugere, erhverv og offentlige institutioner mv. betaler for energiforbrug til rumopvarmning. Moms er tillagt hvor relevant i henhold til EU guidelinen til cost-optimal. Priserne for især fjernvarme varierer en del mellem de enkelte fjernvarmeværker. Der er derfor anvendt en "middel"-priser for Danmark. De anvendte energipriser fremgår af tabel 2.1 og tabel 2.2. De samfundsøkonomiske energipriser og energiprisstigninger er fra Energistyrelsens vejledning. De privatøkonomiske energipriser og energiprisstigninger er bestemt ud fra de samfundsøkonomiske med forudsætning om uændrede skatter og afgifter.

Tabel 2.1. Samfundsøkonomisk energipris i 2014 i kr./kWh og indregnet energiprisstigning i % p.a..

Brændsel	Energipris 2014 kr./kWh	Prisstigning % p.a.
Fjernvarme	0,241	0,29
El	0,568	0,95

Tabel 2.2. Privatøkonomisk energipris i 2014 i kr./kWh og indregnet energiprisstigning i % p.a..

Brændsel	Energipris 2014 kr./kWh	Prisstigning % p.a.
Fjernvarme	0,450	0,14
El	1,700	0,31
El (elvarme)	1,280	0,31

I tabel 2.3 er der vist CO₂-udledning for brændslerne. For fjernvarme og el er CO₂-udledningen gennemsnitstal for den samlede danske fjernvarme- og elproduktion i henhold til Energistyrelsens vejledning.

Tabel 2.3. CO₂-udledning for brændsler i 2014 i kg-CO₂/kWh og indregnet fald i CO₂-udledningen fra brændslet i % p.a..

Brændsel	CO ₂ -udledning 2014 kg-CO ₂ /kWh	Fald i udledning % p.a.
Fjernvarme	0,141	1,83
El	0,531	5,40

CO₂ emissionsomkostningen er fastsat til 159 kr./ton-CO₂ med en stignings-takt på 4,12 % p.a.

Byggepriserne er bruttopriser fra V&S prishåndbøger. For ventilationssystemer samt solceller har det dog været nødvendigt at basere priserne på oplysninger fra leverandørerne.

Ved opgørelse af investering og omkostninger er det alene meromkostningerne ved tiltagene til den energimæssige forbedring, som er afgørende. Det betyder, at det ikke er den samlede pris for fx en ydervæg, som har interesse, men kun den ekstra omkostning, som er forbundet med at isolere ydervægge bedre. Eventuelle følgeomkostninger fx i form af bredere fundamenter til tunge ydervægge med øget isolering er også indregnet i omkostningerne. Men da EU guideline om cost optimalitetsberegning kræver, at der skal anvendes samlet pris for de komponenter, som indgår i en løsning, er der alligevel anvendt dette i beregningerne.

Ved bestemmelse af privatøkonomien er der anvendt en realrente på 1,0 pct. p.a. Denne er fastsat under hensyn til den faktiske rente og inflationen de senere år samt muligheden for at fradrage renteudgifter. Ved bestemmelse af samfundsøkonomien er der anvendt en diskonteringsrente på 4,0 pct. p.a. For boliger er økonomien opgjort over 30 år, mens den for andre bygninger er opgjort over 20 år.

2.1 Prisscenarier

Ved vurderingen af investeringerne er der anvendt to prisscenarier.

Traditionelle byggeløsninger og -priser

I scenariet med traditionelle byggeløsninger og -priser er V&S byggepriser anvendt direkte. Traditionelle byggeløsninger svarer til den måde yderligere energitiltag i nybyggeriet udføres på i dag hvad angår løsninger i klimaskærm og installationer, valg af materialer og komponenter, samt den pris det koster at lave dem inklusive arbejds løn, materiale- og komponentomkostninger. De traditionelle byggeløsninger anvendes som forudsætning ved fastlæggelse af 2014-priserne.

Optimerede byggeløsninger og forbedret kosteffektivitet

I scenariet med optimerede byggeløsninger er der set på, hvordan omkostningen ved de enkelte tiltag må forventes at udvikle sig over de næste år. For de fleste tiltag må det forventes, at den øgede fokus på energieffektive løsninger vil øge konkurrence og produktudvikling, således at det vil blive billigere at gennemføre tiltagene. En sådan prisudvikling er tidligere set i forbindelse med fx vinduer og kondenserende kedler og er på vej indenfor andre produkter samt bygge- og installationsløsninger. Optimerede byggeløsninger anvendes som forudsætning ved fastlæggelse af de forventelige 2018-priser.

2.2 Primærenergifaktorer

I Bygningsreglementets energirammebestemmelser anvendes der til og med 2010 en primærenergifaktor på al varme på 1,0 og på el på 2,5.

For fjernvarme er primærenergifaktoren i Lavenergibyggeri 2015 reduceret til 0,8 som svarer til den gennemsnitlige primærenergifaktor for fjernvarme leveret hos forbrugeren og opgjort inklusive varmetab fra fjernvarmenettet.

For Bygningsklasse 2020 er primærenergifaktoren 1,8 for el og på 0,6 for fjernvarme.

3 Energikrav

Bygningsreglementets primære energikrav til nybyggeri fremgår af energirammerne suppleret med en begrænsning af det dimensionerende varmetab gennem klimaskærmen eksklusive vinduer og døre, krav til vinduernes varmebalance og krav til bygningens lufttæthed. Desuden er der specifikke komponentkrav til enkeltdele i klimaskærmen samt til en række installationer.

I Bygningsreglement 2010 er energirammen:

Boliger:	52,5 + 1650/A	kWh/m ² år
Andre bygninger:	71,3 + 1650/A	kWh/m ² år

For Lavenergibyggeri 2015 er energirammen:

Boliger:	30 + 1000/A	kWh/m ² år
Andre bygninger:	41 + 1000/A	kWh/m ² år

For Bygningsklasse 2020 er energirammen:

Boliger:	20	kWh/m ² år
Andre bygninger:	25	kWh/m ² år

Da primærenergifaktorerne ikke er de samme for alle energirammerne kan de forskellige energirammer over årene ikke umiddelbart sammenlignes.

Energiberegningerne i rapporten er lavet med reglerne for indregning af solcellestrøm, som de var i BR 10, hvor solcellestrøm blev modregnet op til bygningens årlige elbehov til bygningsdrift. Denne begrænsning i indregningen af solcellestrøm kan ses i nogle af mellemresultaterne for de fjernvarmeopvarmede huse, men påvirker ikke de færdige resultater med de tiltag, der slutligt er anvendt for at opfylde energirammerne til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020, da solcelleeffekterne er ret små. I forbindelse med BR 15 blev reglen for indregning af solcellestrøm ændret til maksimalt 25 kWh/m² år målt som primærenergiforbrug. Dette skift af indregningsgrænse påvirker ikke resultaterne i rapporten.

Kravet til maksimalt tilladeligt dimensionerende varmetab gennem klimaskærmen eksklusive vinduer og døre fremgår af tabel 3.1.

Tabel 3.1. Maksimalt tilladt dimensionerende varmetab gennem klimaskærmen eksklusive vinduer og døre i W/m².

Antal etager	2010	2015	2020
Én etage	5,0	4,0	3,7
To etager	6,0	5,0	4,7
Tre eller flere	7,0	6,0	5,7

4 Eksempelbygninger og forudsætninger

Vurderingen af investeringsbehov, privatøkonomisk rentabilitet og samfundsøkonomiske konsekvenser er baseret på energimæssig og økonomisk beregning for fire eksempler på typiske bygninger. Bygninger er hentet fra eksempelsamlingen på Trafik- og Byggestyrelsens hjemmeside samt fra SBI-anvisning 213: Bygningers energibehov. Bygningerne opfylder i udgangspunktet energikravene til nybyggeri i BR10.

Enfamiliehus

Enfamiliehuset er et fritliggende længehus i 1-plan på 150 m². Vinduer og døre har et areal på 22 % i forhold til etagearealet. Hovedparten af vinduesarealet er mod syd. Enfamiliehuset er nærmere beskrevet i bilag 1.

Dobbelthus

Dobbelthuset består af to ens huse som er sammenbygget. Hvert hus har et etageareal på 132 m². Husene er i 1½-plan. Der er 18,3 % vinduesareal i forhold til etagearealet. Vinduesarealet er næsten ligeligt fordelt mod nord og syd, dog med mest mod syd. Dobbelthuset er nærmere beskrevet i bilag 2.

Etagehus

Etagehuset er en ejendom i 3 etager med et opvarmet etageareal på 1081 m², hvor hver etage er på 360 m². Der er 6 små lejligheder på 66 m² og 6 store lejligheder på hver 91 m². Der er 22,5 % vinduesareal i forhold til etagearealet. Hovedparten af vinduesarealet i lejlighederne er mod syd. Etagehuset er nærmere beskrevet i bilag 3.

Kontorhus

Kontorhuset er i 4 etager med et opvarmet etageareal på 3283 m². Facaderne har store vinduesbånd med udluftningsvindue, et fast glasparti og en isoleret brystning. Ud for trapperummet er der glas i alle felter. Facaderne mod nord og syd er ens. Der er 27,2 pct. vinduesareal i forhold til etagearealet. Kontorhuset er nærmere beskrevet i bilag 4.

4.1 Energibehov og -mål

Energirammen i BR10 til Lavenergibyggeri 2015 for de fire eksempelbygninger og energibehov i basisbygningerne opvarmet med henholdsvis fjernvarme og varmepumpe er vist i tabel 4.1 i kWh/år pr. m²-etageareal. Da det er hensigtsmæssigt at tage udgangspunkt i samme klimaskærm uafhængigt af varmforsyningen, ses det, at energibehovet er lavere i basishusene med varmepumpeopvarmning end i husene med fjernvarme.

I tabel 4.2 er det tilsvarende vist for energirammen i BR10 til Bygningsklasse 2020.

Tabel 4.1. Energiramme i BR10 til Lavenergibyggeri 2015 og energibehov i basisbygningerne med henholdsvis fjernvarme og varmepumpe i kWh/m² pr. år.

Bygning	Energiramme 2015	Fjernvarme	Varmepumpe
Enfamiliehus	36,7	51,0	40,3
Dobbelthus	37,4	45,6	39,3
Etagehus	30,8	44,8	-
Kontorhus	41,3	65,0	-

Tabel 4.2. Energiramme i BR 10 til Bygningsklasse 2020 og energibehov i basisbygningerne med henholdsvis fjernvarme og varmepumpe i kWh/m² pr. år.

Bygning	Energiramme 2020	Fjernvarme	Varmepumpe
Enfamiliehus	20	38,2	29,0
Dobbelthus	20	34,2	28,3
Etagehus	20	33,3	-
Kontorhus	25	47,6	-

4.2 Energiudgift

I tabel 4.3 er vist energiudgiften til bygningsdrift for de fire basisbygninger med henholdsvis fjernvarme og varmepumpe. Energiudgiften til bygningsdrift svarer til det energiforbrug, som skal indeholdes under bygningens energiramme og omfatter fx ikke elforbrug til apparatur og kontorudstyr samt belysning i boliger. For fjernvarme er kun medtaget den variabeludgift, som normalt afregnes efter energiforbrug.

Til sammenligning er elforbruget til apparater i boliger typisk 30 kWh/m² år svarende til en udgift på 60 kr./m²-etageareal inkl. moms.

Tabel 4.3. Energiudgift for basisbygningerne i kr./m²-etageareal ekskl. moms for boligerne og inkl. moms for kontorhuset.

Bygning	Fjernvarme	Varmepumpe
Enfamiliehus	35,99	25,70
Dobbelthus	32,29	25,18
Etagehus	37,10	-
Kontorhus	46,22	-

4.3 Miljøbelastning

I tabel 4.4 er vist miljøbelastning for basisbygningerne i kg-CO₂/m²-etageareal, svarende til energiforbruget til bygningsdrift angivet i tabel 4.1.

Tabel 4.4. Miljøbelastning for basisbygningerne i kg-CO₂/m²-etageareal.

Bygning	Fjernvarme	Varmepumpe
Enfamiliehus	9,02	8,53
Dobbelthus	8,09	8,36
Etagehus	9,29	-
Kontorhus	14,45	-

4.4 Energitiltag

I forhold til basisbygningerne tænkes der gennemført en række energitiltag for at reducere energiforbruget og gøre bygningerne til Lavenergibyggeri 2015 og til Bygningsklasse 2020. Der er ikke én entydig metode til at udvælge og fastlægge eller optimere rækkefølgen af energitiltagene. De her angivne energitiltag må på ingen måde opfattes som en begrænsning af, hvad der kunne anvendes i praksis. De fleste af tiltagene kan gennemføres uafhængigt af hinanden. I enkelte tilfælde forudsætter et efterfølgende tiltag dog, at et tidligere tiltag er udført.

5 Enfamiliehuset

Der tages udgangspunkt i et typisk fritliggende enfamiliehus, som opfylder energikravene til nybyggeri i BR 2010. Det er desuden forudsat i udgangspunktet, at det samme hus kan anvendes ved både opvarmning med fjernvarme og opvarmning med varmepumpe. Løsningerne i huset er i udgangspunktet afstemt efter, at det skal overholde energikravene, når det er opvarmet med fjernvarme. Energivirkningsgraden ved opvarmning med varmepumpe målt i forhold til anvendelsen af primærenergi vil variere med den anvendte varmepumpeløsning. Enfamiliehuset er nærmere beskrevet i bilag 1.

I beregningerne er det antaget, at det er en varmepumpe med jordslange, som leverer varmen til husets varmeanlæg. Dette kunne lige så godt have været en varmepumpe med udeluft varmeoptager, der på årsbasis kan opnå samme virkningsgrad, som varmepumper med jordslange.

5.1 Energiløsninger og priser

Enfamiliehuset er som udgangspunkt med 365 mm isolering på loftet, 300 mm isolering i terrændækket, 190 mm isolering i ydervæggene og 30 mm falsisolering. I tabel 5.1 er vist de tilsvarende U-værdier. I tabellen er også vist forbedrede U-værdier for øgede isoleringstykkelser. Udgangspunktet svarer til det, der som standard benyttes i de fleste typehuse.

Tabel 5.1. Enfamiliehuset. Isoleringstykkelser og U-værdier for bygningsdelene.

Niveau	Loft		Ydervæg		Terrændæk	
	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K
0	365	0,099	190/30	0,166	300	0,093
1	460	0,079	190/60	0,162	400	0,074
2	610	0,060	250/60	0,130		

I tabel 5.2 er vist priser for de forskellige energiløsninger, som er anvendt i beregningen af økonomien. Priserne for 2014 er fra V&S prisbøger. Priserne for mekanisk ventilation og solceller er dog markedspriser indhentet hos leverandører og installatører. Priser for mere falsisolering og ekstra tæthed af klimaskærmen kan ikke hentes i V&S prisbøger eller på markedet og er derfor estimerede.

Prisen for mekanisk ventilation til 2015 inkluderer også omkostningen til ekstra tæthed. De 40 års levetid for mekanisk ventilation er en sammenvæjning af 30 år for aggregatet og 60 år for kanalerne.

Priserne for 2018 er estimeret, som tidligere beskrevet i afsnit 2.1 Prisscenarioer. Generelt er der anvendt 10 % reduktion af merprisen for isoleringstiltag fra 2014 til 2018-priser, 20 % reduktion af prisen for mekanisk ventilationsanlæg og solceller samt 40 % reduktion for særlige tiltag som ekstra falsisolering, ekstra tæthed og A-mærkede vinduer.

Tabel 5.2. Energiløsninger, priser, vedligeholdelsesomkostninger og levetider for bygningsdele i parcelhuset. Priser er ekskl. moms.

Bygningsdel	Størrelse, isole-ring, el. type	Pris	Pris	Vedligehold	Levetid
		2014-priser	2018-priser		
		kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	år
Fjernvarmeunit	Alle	40.000	40.000	1.200	30
Varmepumpe Inkl. jordslange	7,1kW	114.306	114.306	1.200	20
Loft	395 mm	597	597	0	50
	460	652	646		
	610	740	726		
Ydervæg (Tung)	190 mm	2.422	2.422	0	100
	250	2.482	2.476		
False	+30 mm	25	15	0	100
Ekstra tæthed	- 0,5 l/s m ²	40	24	0	100
Terrændæk	300 mm	746	746	0	100
	400	853	842		
Ydervægsfundament (2 termoblokke) + en letblok	390 mm	1.546	1.546	0	100
	450	1.726	1.708		
	390	1.804	1.778		
Vinduer	C	3.953	3.953	0	30
	B	4.230	4.175		
	A	4.779	4.537		
Ventilation	Naturlig	8.000	8.000	0	30
Ventilation	Mekanisk	40.000	32.000	400	40
Solceller	1,0 kWp	23.200	18.560	Inverter*	25
	2,0	36.000	28.800		
	3,0	48.800	39.040		

* Inverter skiftes en gang i anlæggets levetid

5.2 Energiltag og energibehov

I dette afsnit vises de beregnede energiløsninger og de tilknyttede energibehov samt reduktioner i energibehov beregnet med Be10. Opgørelserne er opdelt på løsninger til enfamiliehuset med fjernvarme og enfamiliehuset med varmepumpe, som har hvert sit underafsnit. Disse er igen underopdelt i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020.

5.2.1 Fjernvarme

Opgjort med energifaktorerne for 2015 har enfamiliehuset med fjernvarme i udgangspunktet et energibehov på 51,0 kWh/m² år, hvor energirammen er 36,7 kWh/m² år for Lavenergibyggeri 2015. For at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 skal enfamiliehuset ud over at opfylde energirammen også opfylde kraven til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

I udgangspunktet har klimaskærmen et dimensionerende varmetab på 4,2 W/m², hvor kravet til bygninger i én etage er maksimalt 4,0 W/m². Den nødvendige forbedring af klimaskærmen kan opnås ved at øge falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.

Tabel 5.3. Energiltag og energibehov i enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2010	51,0	
A. Fra C- til B-vinduer	47,2	3,8
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	49,7	1,3
C. Balanceret mekanisk ventilation	41,7	9,3
D. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	49,7	1,3
A+B+C: Nyt udgangspunkt	37,2	13,8
E. Loft +95 mm isolering	36,0	1,2
F. Loft +245 mm isolering	34,9	2,3
G. Terrændæk +100 mm isolering	36,2	1,0
H. Ydervæg +60 mm isolering, inkl. fundamenter	35,5	1,7
I. Ekstra letklinkerblok i fundament	36,8	0,4
J. Fra B- til A-vinduer	35,2	2,0
K. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	35,1	2,1
L. Solceller på 1,0 kWp	32,0	5,2
M. Solceller på 2,0 kWp	32,0	5,2
N. Solceller på 3,0 kWp	32,0	5,2
A+B+C+K: Opfylder BR2015	35,1	15,9

I tabel 5.3 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Anvendelse af B-mærkede vinduer i stedet for C-mærkede vinduer.
- B. Forøgelse af falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.
- C. Installation af mekanisk ventilation inklusive forbedring af bygningens tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.
- D. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Installation af mekanisk ventilation giver både en væsentlig reduktion af energibehovet og en forbedring af indeklimaet.

Installationen af solceller giver en forholdsvis lille reduktion af husets energibehov i relation til energirammen, da elforbruget til bygningsdrift i det fjernvarmeopvarmede hus er lille, og der ifølge de hidtidige regler i BR10 kun kan modregnes solcellestrøm indenfor bygningens elforbrug til bygningsdrift.

Det vælges at tage nyt udgangspunkt i gennemførelse af tiltag A, B og C i det videre forløb mod at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det nye energibehov og den samlede reduktion ved dette er også vist i tabel 5.3. Det nye energibehov er stadig lidt større, end det energirammen tillader.

For at komme helt i mål med at opfylde energirammen for Lavenergibyggeri 2015 er der regnet på tiltagene E-N, se tabel 5.3. Slutligt er det valgt at gå videre med tiltag K med yderligere forbedring af bygningens tæthed fra 1,0 l/s m² til 0,5 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa, da det giver den bedste økonomi, se senere. Tiltaget er dog ikke uden udfordringer i forhold til gennemførelse i praksis.

Tabel 5.4. Energiltag og energibehov i enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2015	26,9	
A. Loft +95 mm isolering	25,3	1,6
B. Fra B- til A-vinduer	24,7	2,2
A+B: Nyt udgangspunkt	23,8	3,1
C. Solceller på 1,0 kWp	20,2	3,6
D. Terrændæk +100 mm isolering	23,1	0,7
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	19,5	7,4

Opgjort med energifaktorerne for 2020 og opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 som ovenfor beskrevet har enfamiliehuset med fjernvarme et nyt udgangspunkt med et energibehov på 26,9 kWh/m² år, hvor energirammen er 20,0 kWh/m² år for Bygningsklasse 2020. For at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 skal enfamiliehuset ud over at opfylde energirammen også opfylde de skærpede krav til klimaskærmens varmetab og vinduernes varmebalance, mens det skærpede krav til tæthed allerede er opfyldt i det foregående.

For at bringe klimaskærmens dimensionerende varmetab ned på 3,7 W/m² lægges der yderligere 95 mm isolering på loftet, samtidig med at der anvendes A-mærkede vinduer i stedet for B-mærkede vinduer for at opfylde kravet til vinduernes varmebalance. Reduktionen i energibehovet og det nye energibehov efter gennemførelse af begge tiltag er vist i tabel 5.4. Det nye energibehov er stadig lidt større, end det energirammen tillader.

Der er derfor regnet på yderligere to tiltag:

- C. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.
- D. Yderligere 100 mm isolering i terrændækket.

Ved gennemførelse af begge tiltag bringes energibehovet for enfamiliehuset med fjernvarme ned på 19,5 kWh/m² år, som opfylder energirammen til Bygningsklasse 2020 for boliger. Installation af 0,9 kWp solceller på den sydvendte del af taget er egentlig tilstrækkelig til at opfylde energirammen i kombination med isoleringen i terrændækket.

5.2.2 Varmepumpe

Opgjort med energifaktorerne for 2015 har enfamiliehuset med varmepumpe i udgangspunktet et energibehov på 40,3 kWh/m² år, hvor energirammen er 36,7 kWh/m² år for Lavenergibyggeri 2015. For at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 skal enfamiliehuset med varmepumpe ligesom huset med fjernvarme også opfylde kraven til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

I tabel 5.5 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Anvendelse af B-mærkede vinduer i stedet for C-mærkede vinduer.
- B. Forøgelse af falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.
- C. Installation af mekanisk ventilation inklusive forbedring af bygningens tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.
- D. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.
- E. Installation af 2,0 kWp solceller på taget.
- F. Installation af 3,0 kWp solceller.

Tabel 5.5. Energitiltag og energibehov i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2010	40,3	
A. Fra C- til B-vinduer	37,7	2,6
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	39,4	0,9
C. Balanceret mekanisk ventilation	35,1	5,2
D. Solceller på 1,0 kWp	24,6	15,7
E. Solceller på 2,0 kWp	9,0	31,3
F. Solceller på 3,0 kWp	0,0	40,3
A+B+C: Opfylder BR2015	31,9	8,4

Installation af balanceret mekanisk ventilation eller bare 1,0 kWp solceller vil hver især kunne få huset ned i et energibehov, som er lavere end energirammen til Lavenergibyggeri 2015, men vil ikke kunne opfylde de øvrige energikrav til klimaskærmens varmetab eller vinduernes varmebalance samt til bygningens tæthed, hvis ikke klimaskærmen tættes.

Det vælges derfor at indføre tiltagene A, B og C for at opfylde alle energikravene til Lavenergibyggeri 2015, hvor ved bygningens energibehov kommer noget ned under den krævede energiramme.

Det ses også, at tilføjelsen af solceller på den sydvendte del af taget i dette hus med varmepumpe vil have stor effekt på det beregnede energibehov, hvor hele varmebehovet ender i et elbehov, som ifølge de hidtidige regler i BR10 kan modregnes med solcellestrøm.

Opgjort med energifaktorerne for 2020 og opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 som ovenfor beskrevet har enfamiliehuset med varmepumpe et nyt udgangspunkt med et energibehov på 22,9 kWh/m² år, hvor energirammen er 20,0 kWh/m² år for Bygningsklasse 2020. Men for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 skal enfamiliehuset med varmepumpe ligesom huset med fjernvarme også opfylde de skærpede krav til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance. Dette opnås også her ved at:

- A. Lægge yderligere 95 mm isolering på loftet.
- B. Anvende A mærkede vinduer i stedet for B mærkede vinduer.
- C. Forbedre husets tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.

Samlet set reducerer disse tiltag energibehovet til 20,2 kWh/m² år, som er en lille smule højere end energirammen, se tabel 5.6.

Enfamiliehuset med varmepumpe kan derefter bringes til at opfylde energirammen for Bygningsklasse 2020 til boliger med et meget lille solcelleanlæg, se Tabel 5.6. Det samme kunne opnås med andre tiltag som fx øget isolering i nogen af konstruktionerne eller højere virkningsgrad for varmepumpen.

Tabel 5.6. Energiltag og energibehov i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2015	22,9	
A. Loft +95 mm isolering	22,3	0,6
B. Fra B- til A-vinduer	21,9	1,0
C. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	21,8	1,1
A+B+C: Nyt udgangspunkt	20,2	2,7
D. Solceller på 1,0 kWp	9,0	11,2
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	9,0	13,9

5.3 Investering

I dette afsnit vises de beregnede investeringer svarende til energiløsningerne til enfamiliehuset valgt i det foregående afsnit. Investeringerne er for henholdsvis enfamiliehuset med fjernvarme og enfamiliehuset med varmepumpe, som har hvert sit underafsnit. For hver af disse er investeringerne underopdelt i investeringen i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og til Bygningsklasse 2020. Investeringerne er opgjort både uden og med moms. Investeringerne er opgjort både i 2014-priser og i 2018-priser, som forklaret i afsnit 2.1 Prisscenarier.

5.3.1 Fjernvarme

I tabel 5.7 er vist investeringen i enfamiliehuset med fjernvarme ekskl. moms for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Tabel 5.7. Investering i enfamiliehuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Investering 2014-priser kr./m ²	Investering 2018-priser kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	61	49
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	14	8
C. Balanceret mekanisk ventilation	214	160
D. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	155	124
A+B+C: Nyt udgangspunkt	288	217
E. Loft +95 mm isolering	55	49
F. Loft +245 mm isolering	143	129
G. Terrændæk +100 mm isolering	91	82
H. Ydervæg +60 mm isolering, inkl. fundamenter	105	94
I. Ekstra letklinkerblok i fundament	93	84
J. Fra B- til A-vinduer	121	80
K. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	40	24
L. Solceller på 1,0 kWp	155	124
M. Solceller på 2,0 kWp	240	192
N. Solceller på 3,0 kWp	325	260
A+B+C+K: Opfylder BR2015	328	241

Tabel 5.8. Investering i enfamiliehuset med fjernvarme inkl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	76	61
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	17	10
C. Balanceret mekanisk ventilation	267	200
D. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	193	155
A+B+C: Nyt udgangspunkt	360	271
E. Loft +95 mm isolering	69	62
F. Loft +245 mm isolering	179	162
G. Terrændæk +100 mm isolering	114	103
H. Ydervæg +60 mm isolering, inkl. fundamenter	131	118
I. Ekstra letklinkerblok i fundament	116	105
J. Fra B- til A-vinduer	151	100
K. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	50	30
L. Solceller på 1,0 kWp	193	155
M. Solceller på 2,0 kWp	300	240
N. Solceller på 3,0 kWp	407	325
A+B+C+K: Opfylder BR2015	410	301

I tabel 5.7 ses det, at den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 328 kr./m²-etageareal i 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil merinvesteringen ekskl. moms falde til 241 kr./m²-etageareal i 2018.

I tabel 5.8 er det samme opgjort inkl. moms. Den samlede merinvestering inkl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 410 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 301 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

I tabel 5.9 og tabel 5.10 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er enfamiliehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 422 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 335 kr./m²-etageareal med 2018-priser. Inkl. moms bliver det henholdsvis 527 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 419 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Tabel 5.9. Investering i enfamiliehuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Loft +95 mm isolering	55	49
B. Fra B- til A-vinduer	121	80
A+B: Nyt udgangspunkt	176	129
C. Solceller på 1,0 kWp	155	124
D. Terrændæk +100 mm isolering	91	82
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	422	335

Tabel 5.10. Investering i enfamiliehuset med fjernvarme inkl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Loft +95 mm isolering	69	62
B. Fra B- til A-vinduer	151	100
A+B: Nyt udgangspunkt	220	161
C. Solceller på 1,0 kWp	193	155
D. Terrændæk +100 mm isolering	114	103
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	527	419

5.3.2 Varmepumpe

I det følgende er merinvesteringen i enfamiliehuset med varmepumpe opgjort på samme måde, som for enfamiliehuset med fjernvarme.

Tabel 5.11. Investering i enfamiliehuset med varmepumpe ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	61	48
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	13	8
C. Balanceret mekanisk ventilation	213	160
D. Solceller på 1,0 kWp	155	124
E. Solceller på 2,0 kWp	240	192
F. Solceller på 3,0 kWp	325	260
A+B+C: Opfylder BR2015	287	217

Tabel 5.12. Investering i enfamiliehuset med varmepumpe inkl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	76	61
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	16	10
C. Balanceret mekanisk ventilation	266	200
D. Solceller på 1,0 kWp	193	155
E. Solceller på 2,0 kWp	300	240
F. Solceller på 3,0 kWp	407	325
A+B+C: Opfylder BR2015	359	271

I tabel 5.11 ses det, at den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 er 287 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 217 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

I tabel 5.12 er det samme opgjort inkl. moms. Den samlede merinvestering inkl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 er 359 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 271 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 for enfamiliehuset med varmepumpe er lidt mindre end for det tilsvarende hus med fjernvarme. Forskellen i merinvestering er dog væsentlig mindre end merinvesteringen i en varmepumpe.

I tabel 5.13 og tabel 5.14 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er enfamiliehuset med varmepumpe, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Bygningsklasse 2020 er 371 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 276 kr./m²-etageareal med 2018-priser. Inkl. moms bliver det henholdsvis 463 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 345 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Tabel 5.13. Investering i enfamiliehuset med varmepumpe ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Loft +95 mm isolering	55	49
B. Fra B- til A-vinduer	121	79
C. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	40	24
A+B+C: Nyt udgangspunkt	216	152
D. Solceller på 1,0 kWp	155	124
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	371	276

Tabel 5.14. Investering i enfamiliehuset med varmepumpe inkl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Loft +95 mm isolering	69	61
B. Fra B- til A-vinduer	151	99
C. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	50	30
A+B+C: Nyt udgangspunkt	270	190
D. Solceller på 1,0 kWp	193	155
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	463	345

Merinvesteringen for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 for enfamiliehuset med varmepumpe er således også lidt mindre end for det tilsvarende hus med fjernvarme. Også her er forskellen i merinvestering dog væsentlig mindre end merinvesteringen i en varmepumpe.

5.4 Privatøkonomisk

I dette afsnit opgøres privatøkonomien ved at enfamiliehuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Privatøkonomien er opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Den privatøkonomiske returnering af investeringen er den samme for opførelse af økonomien med og uden moms.

Privatøkonomien for enfamiliehuset med fjernvarme og enfamiliehuset med varmepumpe er opgjort i hvert sit underafsnit.

5.4.1 Fjernvarme

I tabel 5.15 er vist privatøkonomien for enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 0,67 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,83 i 2018.

I tabel 5.16 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er enfamiliehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,58 med 2014-priser og 0,74 med 2018-priser.

Tabel 5.15. Privatøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,92	1,15
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,88	2,90
C. Balanceret mekanisk ventilation	0,47	0,57
D. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,76	1,03
A+B+C: Nyt udgangspunkt	0,61	0,75
E. Loft +95 mm isolering	0,59	0,65
F. Loft +245 mm isolering	0,53	0,56
G. Terrændæk +100 mm isolering	0,68	0,70
H. Ydervæg +60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,75	0,78
I. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,57	0,58
J. Fra B- til A-vinduer	0,24	0,37
K. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	1,06	1,60
L. Solceller på 1,0 kWp	0,76	1,03
M. Solceller på 2,0 kWp	0,90	1,25
N. Solceller på 3,0 kWp	0,86	1,20
A+B+C+K: Opfylder BR2015	0,67	0,83

Tabel 5.16. Privatøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Loft +95 mm isolering	0,61	0,65
B. Fra B- til A-vinduer	0,25	0,37
A+B: Nyt udgangspunkt	0,36	0,48
C. Solceller på 1,0 kWp	0,76	1,03
D. Terrændæk +100 mm isolering	0,68	0,70
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,58	0,74

5.4.2 Varmepumpe

I det følgende er den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen i enfamiliehuset med varmepumpe opgjort på samme måde som for enfamiliehuset med fjernvarme.

Der er for hver af kravniveauerne lavet beregninger henholdsvis med og uden prisløpelse for elvarme.

Tabel 5.17. Privatøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,58	0,74
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,44	2,00
C. Balanceret mekanisk ventilation	0,23	0,24
D. Solceller på 1,0 kWp	0,46	0,64
E. Solceller på 2,0 kWp	0,64	0,87
F. Solceller på 3,0 kWp	0,68	0,90
A+B+C: Opfylder BR2015	0,35	0,40

Tabel 5.18. Privatøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Uden lempelse for elvarme.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,78	0,97
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,75	2,50
C. Balanceret mekanisk ventilation	0,33	0,39
D. Solceller på 1,0 kWp	0,66	0,90
E. Solceller på 2,0 kWp	0,88	1,17
F. Solceller på 3,0 kWp	0,91	1,19
A+B+C: Opfylder BR2015	0,48	0,58

I tabel 5.17 og tabel 5.18 er vist privatøkonomien for enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. I tabel 5.17 er den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen opgjort inklusive prislempe for elvarme og Tabel 5.18 er den opgjort uden prislempe for elvarme.

Det ses i tabel 5.17, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 med prislempe for elvarme er 0,35 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,40 i 2018.

På tilsvarende vis ses det i tabel 5.18, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 uden prislempe for elvarme er 0,48 med 2014-priser og 0,58 med 2018-priser. Prislempe for elvarme har således væsentlig indflydelse på privatøkonomien i opfyldelsen af energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Tabel 5.19. Privatøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Loft +95 mm isolering	0,51	0,52
B. Fra B- til A-vinduer	0,17	0,24
C. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,82	1,17
A+B+C: Nyt udgangspunkt	0,37	0,48
D. Solceller på 1,0 kWp	0,46	0,64
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,41	0,55

Tabel 5.20. Privatøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015. Uden lempelse for elvarme.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Loft +95 mm isolering	0,58	0,61
B. Fra B- til A-vinduer	0,22	0,32
C. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	1,00	1,43
A+B+C: Nyt udgangspunkt	0,45	0,59
D. Solceller på 1,0 kWp	0,66	0,90
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,54	0,73

I tabel 5.19 og tabel 5.20 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er enfamiliehuset med varmepumpe, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Bygningsklasse 2020 med prislempelse for elvarme er 0,41 med 2014-priser og 0,55 med 2018-priser. Uden prislempelse for elvarme er den 0,54 med 2014-priser og 0,73 med 2018-priser.

5.5 Samfundsøkonomi

I dette afsnit opgøres samfundsøkonomien ved at enfamiliehuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Samfundsøkonomien er ligesom privatøkonomien opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020.

Samfundsøkonomien for enfamiliehuset med fjernvarme og enfamiliehuset med varmepumpe er opgjort i hvert sit underafsnit.

5.5.1 Fjernvarme

I tabel 5.21 er vist samfundsøkonomien for enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 0,23 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,29 i 2018.

I tabel 5.22 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er enfamiliehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,18 med 2014-priser og 0,24 med 2018-priser.

Tabel 5.21. Samfundsøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,38	0,47
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	0,79	1,13
C. Balanceret mekanisk ventilation	0,14	0,16
D. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,17	0,26
A+B+C: Nyt udgangspunkt	0,20	0,25
E. Loft +95 mm isolering	0,25	0,27
F. Loft +245 mm isolering	0,22	0,22
G. Terrændæk +100 mm isolering	0,29	0,29
H. Ydervæg +60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,31	0,32
I. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,25	0,24
J. Fra B- til A-vinduer	0,11	0,15
K. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,45	0,67
L. Solceller på 1,0 kWp	0,17	0,26
M. Solceller på 2,0 kWp	0,30	0,42
N. Solceller på 3,0 kWp	0,36	0,49
A+B+C+K: Opfylder BR2015	0,23	0,29

Tabel 5.22. Samfundsøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Loft +95 mm isolering	0,25	0,24
B. Fra B- til A-vinduer	0,10	0,15
A+B: Nyt udgangspunkt	0,15	0,19
C. Solceller på 1,0 kWp	0,17	0,26
D. Terrændæk +100 mm isolering	0,27	0,29
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,18	0,24

5.5.2 Varmepumpe

I tabel 5.23 ses at den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 er 0,04 med 2014-priser og 0,03 med 2018-priser.

I tabel 5.24 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er enfamiliehuset med varmepumpe, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for enfamiliehu-

set med varmepumpe til Bygningsklasse 2020 er 0,15 med 2014-priser og 0,21 med 2018-priser.

Tabel 5.23. Samfundsøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,21	0,25
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	0,54	0,75
C. Balanceret mekanisk ventilation	-0,03	-0,06
D. Solceller på 1,0 kWp	0,17	0,26
E. Solceller på 2,0 kWp	0,30	0,42
F. Solceller på 3,0 kWp	0,36	0,49
A+B+C: Opfylder BR2015	0,04	0,03

Tabel 5.24. Samfundsøkonomisk returnering af investering i enfamiliehuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Loft +95 mm isolering	0,20	0,22
B. Fra B- til A-vinduer	0,06	0,09
C. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,30	0,46
A+B+C: Nyt udgangspunkt	0,14	0,18
D. Solceller på 1,0 kWp	0,17	0,26
A+B+C+D: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,15	0,21

6 Dobbelthuset

Der tages udgangspunkt i et typisk dobbelthus, som opfylder energikravene til nybyggeri i BR 2010. Det er desuden forudsat i udgangspunktet, at det samme hus kan anvendes ved både opvarmning med fjernvarme og opvarmning med varmepumpe. Løsningerne i huset er i udgangspunktet afstemt efter, at det skal overholde energikravene, når det er opvarmet med fjernvarme. Energivirkningsgraden ved opvarmning med varmepumpe målt i forhold til anvendelsen af primærenergi vil variere med den anvendte varmepumpeløsning. Dobbelthuset er nærmere beskrevet i bilag 2.

I beregningerne er det antaget, at det er en varmepumpe med jordslange, som leverer varmen til husets varmeanlæg. Dette kunne lige så godt have været en varmepumpe med udeluft varmeoptager, der på årsbasis kan opnå samme virkningsgrad, som varmepumper med jordslange.

6.1 Energiløsninger og priser

Dobelthuset er som udgangspunkt med 365 mm isolering på loftet, 195 mm isolering i skråvægge, 220 mm isolering i trempelvægge, 300 mm isolering i terrændækket, 190 mm isolering i ydervæggene og 30 mm falsisolering. I Tabel 6.1 er vist de tilsvarende U-værdier. I tabellen er også vist forbedrede U-værdier for øgede isoleringstykkelser. Udgangspunktet svarer til det, der som standard ofte benyttes i sammenbyggede enfamiliehuse.

Tabel 6.1. Dobbelthuset. Isoleringstykkelser og U-værdier for bygningsdelene.

Niveau	Loft		Skråvæg		Trepel		Ydervæg		Terrændæk	
	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K
0	365	0,099	195	0,203	220	0,188	190/30	0,166	300	0,093
1	460	0,079	220	0,182	245	0,170	190/60	0,162	400	0,074
2			245	0,165	270	0,155	250/60	0,130		

I tabel 6.2 er vist priser for de forskellige energiløsninger, som er anvendt i beregningen af økonomien for dobbelthuset. Priser og øvrige betingelser er i øvrigt som for det fritliggende enfamiliehus.

Tabel 6.2. Energiløsninger, priser, vedligeholdelsesomkostninger og levetider for bygningsdele i dobbelthuset. Priser er ekskl. moms.

Bygningsdel	Størrelse, isole- ring, el. type	Pris	Pris	Vedligehold	Levetid
		2014-priser	2018-priser		
		kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	år
Fjernvarmeunit	Alle	40.000	40.000	1.200	30
Varmepumpe	7,1kW	114.306	114.306	1.200	20
Inkl. jordslange					
Loft	365 mm	597	597	0	50
	460	652	646		
Skråvæg	195 mm	532	532	0	50
	220	551	549		
	245	570	565		
Trempehvæg	220 mm	1.920	1.920	0	50
	245	1.952	1.949		
	270	2.013	1.995		
Ydervæg (Tung)	190 mm	2.422	2.422	0	100
	250	2.482	2.476		
False	+30 mm	25	15	0	100
Ekstra tæthed	- 0,5 l/s m ²	40	24	0	100
Terrændæk	300 mm	746	746	0	100
	400	853	842		
Ydervægsfundament (2 termoblokke) + en letblok	390 mm	1.546	1.546	0	100
	450	1.726	1.708		
	390	1.804	1.778		
Vinduer (Facade)	C	3.953	3.953	0	30
	B	4.230	4.175		
	A	4.779	4.537		
Ovenlysvinduer	2010	2.684	2.684	0	30
	2015	2.934	2.909		
Ventilation	Naturlig	8.000	8.000	0	30
Ventilation	Mekanisk	35.000	28.000	400	40
Solceller	1,0 kWp	23.200	18.560	Inverter*	25
	2,0	36.000	28.800		
	3,0	48.800	39.040		

* Inverter skiftes en gang i anlæggets levetid

6.2 Energitiltag og energibehov

I dette afsnit vises de beregnede energiløsninger og de tilknyttede energibehov samt reduktioner i energibehov beregnet med Be10. Opgørelserne er opdelt på løsninger til dobbelthuset med fjernvarme og dobbelthuset med varmepumpe, som har hvert sit underafsnit. Disse er igen underopdelt i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020.

6.2.1 Fjernvarme

Opgjort med energifaktorerne for 2015 har dobbelthuset med fjernvarme i udgangspunktet et energibehov på 45,6 kWh/m² år, hvor energirammen er 37,2 kWh/m² år for Lavenergibyggeri 2015. For at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 skal dobbelthuset ud over at opfylde energirammen også opfylde kraven til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

I udgangspunktet har klimaskærmen et dimensionerende varmetab på 5,3 W/m², hvor kravet til bygninger i to etager er maksimalt 5,0 W/m². Den nødvendige forbedring af klimaskærmen kan opnås ved at øge falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm og isoleringen i skråvæggen fra 195 mm til 220 mm.

Tabel 6.3. Energitiltag og energibehov i dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2010	45,6	
A. Fra C- til B-vinduer	42,7	2,9
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	44,9	0,7
C. Skråvæg + 25 mm isolering	45,3	0,3
D. Balanceret mekanisk ventilation	36,0	9,6
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	43,8	1,8
A+B+C+D opfylder BR2015	33,2	12,4

I tabel 6.3 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Anvendelse af B mærkede vinduer i stedet for C mærkede vinduer.
- B. Forøgelse af falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.
- C. Forøgelse af isoleringen i skråvæggen fra 195 mm til 220 mm.
- D. Installation af mekanisk ventilation inklusive forbedring af bygningens tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.
- E. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Energikravene til Lavenergibyggeri 2015 kan opfyldes ved at gennemføre tiltag A, B, C og D.

Opgjort med energifaktorerne for 2020 og opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 som ovenfor beskrevet har dobbelthuset med fjernvarme et nyt udgangspunkt med et energibehov på 24,7 kWh/m² år, hvor energirammen er 20,0 kWh/m² år for Bygningsklasse 2020. For at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 skal dobbelthuset ud over at opfylde energirammen også opfylde de skærpede krav til klimaskærmens varmetab og vinduernes varmebalance, samt det skærpede krav til tæthed.

Tabel 6.4. Energitiltag og energibehov i dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2015	24,7	
A. Skråvæg + 50 mm isolering	24,6	0,1
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	24,7	0,0
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	24,6	0,1
D. Loft + 95 mm isolering	24,5	0,2
E. Terrændæk + 100 mm isolering	24,4	0,3
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	23,9	0,8
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	24,6	0,1
H. Fra B- til A-vinduer	24,2	0,5
I. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	23,2	1,5
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	20,9	3,8
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	20,9	3,8
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	20,9	3,8
A+C+D+H+I: Nyt udgangspunkt	22,0	2,7
A+C+D+H+I+J opfylder Bygningsklasse 2020	18,2	6,5

I tabel 6.4 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Forøgelse af isoleringen i skråvæggen fra 220 mm til 245 mm.
- B. Forøgelse af isoleringen i trempelvæggen fra 220 mm til 245 mm.
- C. Forøgelse af isoleringen i trempelvæggen fra 220 mm til 270 mm.
- D. Forøgelse af isoleringen på loftet fra 365 mm til 460 mm.
- E. Yderligere 100 mm isolering i terrændækket.
- F. Forøgelse af isoleringen i ydervæggen fra 190 mm til 250 mm samt bredere fundament.
- G. Indbygning af én ekstra midterisoleret letklinkerblok i fundamentet.
- H. Anvendelse af A mærkede vinduer i stedet for B mærkede vinduer.
- I. Forbedring af bygningens tæthed fra 1,0 l/s m² til 0,5 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.
- J. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.
- K. Installation af 2,0 kWp solceller på taget.
- L. Installation af 3,0 kWp solceller.

Gennemførelse af tiltagene A, C, D, H og I vil bringe klimaskærmens dimensionerende varmetab ned på 4,7 W/m², samt opfylde kravene til vinduernes varmebalance og klimaskærmens tæthed. Det nye energibehov er dog stadig lidt større, end det energirammen tillader.

For at bringe husets energibehov ned under energirammen installeres der solceller på den sydvendte tagflade. Det er tilstrækkeligt med 0,5 kWp solceller pr. hus.

6.2.2 Varmepumpe

Opgjort med energifaktorerne for 2015 har dobbelthuset med varmepumpe i udgangspunktet et energibehov på 39,3 kWh/m² år, hvor energirammen er 37,4 kWh/m² år for Lavenergibyggeri 2015. For at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 skal dobbelthuset med varmepumpe ligesom huset med fjernvarme også opfylde kraven til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

Tabel 6.5. Energiltag og energibehov i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2010	39,3	
A. Fra C- til B-vinduer	37,1	2,2
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	38,9	0,4
C. Skråvæg + 25 mm isolering	39,1	0,2
D. Balanceret mekanisk ventilation	33,2	6,1
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	30,7	8,6
A+B+C opfylder BR2015	36,4	2,9

I dobbelthuset med varmepumpe er der, som vist i tabel 6.5, regnet på de samme tiltag som i dobbelthuset med fjernvarme:

- A. Anvendelse af B mærkede vinduer i stedet for C mærkede vinduer.
- B. Forøgelse af falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.
- C. Forøgelse af isoleringen i skråvæggen fra 195 mm til 220 mm
- D. Installation af mekanisk ventilation inklusive forbedring af bygningens tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.
- E. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Energikravene til Lavenergibyggeri 2015 kan opfyldes ved at gennemføre tiltag A, B og C. Det er således ikke nødvendigt at installere mekanisk ventilation, for at opfylde energirammen til Lavenergibyggeri 2015. Husets tæthed skal dog stadig forbedres fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa, selv om det ikke påvirker energibehovet, når der ikke er varmegenvinding på ventilationsluften. Dette antages at være uden ekstraomkostninger, da de fleste nye enfamiliehuse allerede har en tæthed, som er bedre end 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.

Opgjort med energifaktorerne for 2020 og opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 som ovenfor beskrevet har dobbelthuset med varmepumpe et nyt udgangspunkt med et energibehov på 26,2 kWh/m² år, hvor energirammen er 20,0 kWh/m² år for Bygningsklasse 2020. Men for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 skal dobbelthuset med varmepumpe ligesom huset med fjernvarme også opfylde de skærpede krav til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

Tabel 6.6. Energitiltag og energibehov i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2015	26,2	
A. Skråvæg + 50 mm isolering	26,1	0,1
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	26,1	0,1
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	26,0	0,2
D. Loft + 95 mm isolering	26,0	0,2
E. Terrændæk + 100 mm isolering	25,9	0,3
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	25,5	0,7
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	26,1	0,1
H. Fra B- til A-vinduer	25,8	0,4
I. Balanceret mekanisk ventilation	20,7	5,5
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	20,0	6,2
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	13,7	12,5
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	7,5	18,7
A+C+D+H+I opfylder Bygningsklasse 2020	19,7	6,5

I dobbelthuset med varmepumpe er der principielt regnet på de samme tiltag som i dobbelthuset med fjernvarme:

- A. Forøgelse af isoleringen i skråvæggen fra 220 mm til 245 mm.
- B. Forøgelse af isoleringen i trempelvæggen fra 220 mm til 245 mm.
- C. Forøgelse af isoleringen i trempelvæggen fra 220 mm til 270 mm.
- D. Forøgelse af isoleringen på loftet fra 365 mm til 460 mm.
- E. Yderligere 100 mm isolering i terrændækket.
- F. Forøgelse af isoleringen i ydervæggen fra 190 mm til 250 mm samt bredere fundament.
- G. Indbygning af én ekstra midterisoleret letklinkerblok i fundamentet.
- H. Anvendelse af A mærkede vinduer i stedet for B mærkede vinduer.
- I. Installation af mekanisk ventilation inklusive forbedring af bygningens tæthed fra 1,0 l/s m² til 0,5 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.
- J. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.
- K. Installation af 2,0 kWp solceller på taget.
- L. Installation af 3,0 kWp solceller.

Se tabel 6.6. Det er kun tiltag I, som er anderledes, fordi huset ikke har mekanisk ventilation i udgangspunktet.

Gennemførelse af tiltagene A, C, D, H og I vil opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020.

6.3 Investering

I dette afsnit vises de beregnede investeringer svarende til energiløsningerne til dobbelthuset valgt i det foregående afsnit. Investeringerne er for henholdsvis dobbelthuset med fjernvarme og dobbelthuset med varmepumpe, som har hvert sit underafsnit. For hver af disse er investeringerne underopdelt i investeringen i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og investering i tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020. Investeringerne er opgjort både uden og med moms. Investeringerne er opgjort både i 2014-priser og i 2018-priser, som forklaret i afsnit 2.1 Prisscenerier.

6.3.1 Fjernvarme

I tabel 6.7 er vist investeringen i dobbelthuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 258 kr./m²-etageareal i 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil merinvesteringen ekskl. moms falde til 195 kr./m²-etageareal i 2018.

I tabel 6.8 er det samme opgjort inkl. moms. Den samlede merinvestering inkl. moms for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 322 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 244 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Tabel 6.7. Investering i dobbelthuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	48	40
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	7	5
C. Skråvæg + 25 mm isolering	4	4
D. Balanceret mekanisk ventilation	200	148
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	172	86
A+B+C+D opfylder BR2015	258	195

Tabel 6.8. Investering i dobbelthuset med fjernvarme inkl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	59	49
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	9	5
C. Skråvæg + 25 mm isolering	5	4
D. Balanceret mekanisk ventilation	249	185
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	215	108
A+B+C+D opfylder BR2015	322	244

I tabel 6.9 og tabel 6.10 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er dobbelthuset med fjernvarme,

som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 306 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 178 kr./m²-etageareal med 2018-priser. Inkl. moms bliver det henholdsvis 383 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 222 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Tabel 6.9. Investering i dobbelthuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Skråvæg + 50 mm isolering	4	3
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	4	4
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	12	10
D. Loft + 95 mm isolering	14	12
E. Terrændæk + 100 mm isolering	46	41
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	65	59
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	47	42
H. Fra B- til A-vinduer	65	43
I. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	40	24
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	172	86
K. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	267	134
L. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	361	181
A+C+D+H+I: Nyt udgangspunkt	134	92
A+C+D+H+I+J opfylder Bygningsklasse 2020	306	178

Tabel 6.10. Investering i dobbelthuset med fjernvarme inkl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Skråvæg + 50 mm isolering	5	4
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	6	4
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	15	12
D. Loft + 95 mm isolering	17	15
E. Terrændæk + 100 mm isolering	58	51
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	81	73
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	59	52
H. Fra B- til A-vinduer	81	53
I. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	50	30
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	215	108
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	333	167
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	452	226
A+C+D+H+I: Nyt udgangspunkt	168	114
A+C+D+H+I+J opfylder Bygningsklasse 2020	383	222

6.3.2 Varmepumpe

I det følgende er merinvesteringen i dobbelthuset med varmepumpe opgjort på samme måde, som for dobbelthuset med fjernvarme.

I tabel 6.11 ses det, at den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for enfamiliehuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 er 58 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 47 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

I tabel 6.12 er det samme opgjort inkl. moms. Den samlede merinvestering inkl. moms for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 er 73 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 59 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 for dobbelthuset med varmepumpe er mindre end for det tilsvarende hus med fjernvarme. Forskellen i merinvestering er dog væsentlig mindre end merinvesteringen i en varmepumpe.

Tabel 6.11. Investering i dobbelthuset med varmepumpe ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	48	40
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	7	4
C. Skråvæg + 25 mm isolering	4	3
D. Balanceret mekanisk ventilation	199	148
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	172	86
A+B+C opfylder BR2015	58	47

Tabel 6.12. Investering i dobbelthuset med varmepumpe inkl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	59	49
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	9	5
C. Skråvæg + 25 mm isolering	5	4
D. Balanceret mekanisk ventilation	249	185
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	215	108
A+B+C opfylder BR2015	73	59

Tabel 6.13. Investering i dobbelthuset med varmepumpe ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Skråvæg + 50 mm isolering	4	3
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	5	4
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	12	10
D. Loft + 95 mm isolering	14	12
E. Terrændæk + 100 mm isolering	46	41
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	65	59
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	47	42
H. Fra B- til A-vinduer	65	43
I. Balanceret mekanisk ventilation	200	148
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	172	86
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	267	134
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	361	181
A+C+D+H+I opfylder Bygningsklasse 2020	294	216

Tabel 6.14. Investering i dobbelthuset med varmepumpe inkl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Skråvæg + 50 mm isolering	5	4
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	5	5
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	15	12
D. Loft + 95 mm isolering	17	15
E. Terrændæk + 100 mm isolering	57	51
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	81	73
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	58	53
H. Fra B- til A-vinduer	81	54
I. Balanceret mekanisk ventilation	249	185
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	215	108
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	333	167
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	452	226
A+C+D+H+I opfylder Bygningsklasse 2020	367	269

I tabel 5.13 og tabel 5.14 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er dobbelthuset med varmepumpe, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Bygningsklasse 2020 er 294 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 216 kr./m²-etageareal med 2018-priser. Inkl. moms bliver det henholdsvis 367 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 269 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

6.4 Privatøkonomisk

I dette afsnit opgøres privatøkonomien ved at dobbelthuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Privatøkonomien er opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Den privatøkonomiske returnering af investeringen er den samme for opførelse af økonomien med og uden moms.

Privatøkonomien for dobbelthuset med fjernvarme og dobbelthuset med varmepumpe er opgjort i hvert sit underafsnit.

6.4.1 Fjernvarme

I tabel 6.15 er vist privatøkonomien for dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 0,56 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,68 i 2018.

I tabel 6.16 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er dobbelthuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,68 med 2014-priser og 1,14 med 2018-priser.

Tabel 6.15. Privatøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitillæg	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,88	1,06
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,89	3,00
C. Skråvæg + 25 mm isolering	1,40	1,50
D. Balanceret mekanisk ventilation	0,42	0,50
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,76	1,51
A+B+C+D opfylder BR2015	0,56	0,68

Tabel 6.16. Privatøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Skråvæg + 50 mm isolering	1,20	1,25
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	1,00	1,00
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	0,87	0,92
D. Loft + 95 mm isolering	0,59	0,60
E. Terrændæk + 100 mm isolering	0,67	0,69
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,78	0,81
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,59	0,58
H. Fra B- til A-vinduer	0,19	0,26
I. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	1,08	1,60
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,76	1,51
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	0,90	1,80
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	0,86	1,73
A+C+D+H+I: Nyt udgangspunkt	0,59	0,78
A+C+D+H+I+J opfylder Bygningsklasse 2020	0,68	1,14

6.4.2 Varmepumpe

I det følgende er den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen i dobbelthuset med varmepumpe opgjort på samme måde, som for dobbelthuset med fjernvarme.

Der er for hver af kravniveauerne lavet beregninger henholdsvis med og uden prislempelse for elvarme.

I tabel 6.17 og tabel 6.18 er vist privatøkonomien for dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. I tabel 6.17 er den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen opgjort inklusive prislempelse for elvarme og tabel 6.18 er den opgjort uden prislempelse for elvarme.

Tabel 6.17. Privatøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,64	0,78
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,33	2,00
C. Skråvæg + 25 mm isolering	1,20	1,25
D. Balanceret mekanisk ventilation	0,27	0,29
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,45	0,89
A+B+C opfylder BR2015	0,79	0,95

Tabel 6.18. Privatøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Uden lempelse for elvarme.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,85	1,02
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,56	2,40
C. Skråvæg + 25 mm isolering	1,40	1,75
D. Balanceret mekanisk ventilation	0,40	0,48
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,69	1,38
A+B+C opfylder BR2015	1,03	1,24

Det ses i tabel 6.17, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 med prislempe for elvarme er 0,79 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,95 i 2018.

På tilsvarende vis ses det i tabel 6.18, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 uden prislempe for elvarme er 1,03 med 2014-priser og 1,24 med 2018-priser. Prislempe for elvarme har således også for dobbelthuset væsentlig indflydelse på privatøkonomien i opfyldelsen af energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

I tabel 6.19 og tabel 6.20 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er dobbelthuset med varmepumpe, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Bygningsklasse 2020 med prislempe for elvarme er 0,36 med 2014-priser og 0,43 med 2018-priser. Uden prislempe for elvarme er den 0,49 med 2014-priser og 0,62 med 2018-priser.

Tabel 6.19. Privatøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Skråvæg + 50 mm isolering	1,20	1,25
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	1,00	1,00
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	0,80	0,83
D. Loft + 95 mm isolering	0,59	0,60
E. Terrændæk + 100 mm isolering	0,65	0,65
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,73	0,75
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,57	0,57
H. Fra B- til A-vinduer	0,12	0,19
I. Balanceret mekanisk ventilation	0,38	0,45
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,45	0,89
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	0,62	1,24
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	0,67	1,34
A+C+D+H+I opfylder Bygningsklasse 2020	0,36	0,43

Tabel 6.20. Privatøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015. Uden lempelse for elvarme.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Skråvæg + 50 mm isolering	1,20	1,50
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	1,00	1,00
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	0,87	0,92
D. Loft + 95 mm isolering	0,65	0,67
E. Terrændæk + 100 mm isolering	0,68	0,69
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,79	0,82
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,57	0,58
H. Fra B- til A-vinduer	0,15	0,24
I. Balanceret mekanisk ventilation	0,55	0,69
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,69	1,38
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	0,89	1,78
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	0,92	1,83
A+C+D+H+I opfylder Bygningsklasse 2020	0,49	0,62

6.5 Samfundsøkonomi

I dette afsnit opgøres samfundsøkonomien ved at dobbelthuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Samfundsøkonomien er ligesom privatøkonomien opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020.

Samfundsøkonomien for dobbelthuset med fjernvarme og dobbelthuset med varmepumpe er opgjort i hvert sit underafsnit.

6.5.1 Fjernvarme

I tabel 6.21 er vist samfundsøkonomien for dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 0,17 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,20 i 2018.

Tabel 6.21. Samfundsøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,38	0,45
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	0,86	1,20
C. Skråvæg + 25 mm isolering	0,75	0,75
D. Balanceret mekanisk ventilation	0,10	0,11
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,17	0,34
A+B+C+D opfylder BR2015	0,17	0,20

Tabel 6.22. Samfundsøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Skråvæg + 50 mm isolering	0,50	0,67
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	0,50	0,50
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	0,33	0,40
D. Loft + 95 mm isolering	0,29	0,25
E. Terrændæk + 100 mm isolering	0,28	0,29
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,32	0,34
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,26	0,24
H. Fra B- til A-vinduer	0,08	0,12
I. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,45	0,67
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,17	0,34
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	0,30	0,67
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	0,36	0,71
A+C+D+H+I: Nyt udgangspunkt	0,24	0,33
A+C+D+H+I+J opfylder Bygningsklasse 2020	0,20	0,33

I tabel 6.22 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er dobbelthuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,20 med 2014-priser og 0,33 med 2018-priser.

6.5.2 Varmepumpe

I tabel 6.23 ses at den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Lavenergibyggeri 2015 er 0,29 med 2014-priser og 0,34 med 2018-priser.

I tabel 6.24 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er dobbelthuset med varmepumpe, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for dobbelthuset med varmepumpe til Bygningsklasse 2020 er 0,04 med 2014-priser og 0,04 med 2018-priser.

Tabel 6.23. Samfundsøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,25	0,30
B. Fra 30 til 60 mm falsisolering	0,57	0,75
C. Skråvæg + 25 mm isolering	0,50	0,67
D. Balanceret mekanisk ventilation	-0,04	-0,07
E. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,17	0,34
A+B+C opfylder BR2015	0,29	0,34

Tabel 6.24. Samfundsøkonomisk returnering af investering i dobbelthuset med varmepumpe for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Skråvæg + 50 mm isolering	0,50	0,67
B. Trempelvæg + 25 mm isolering	0,40	0,50
C. Trempelvæg + 50 mm isolering	0,25	0,40
D. Loft + 95 mm isolering	0,21	0,25
E. Terrændæk + 100 mm isolering	0,26	0,27
F. Ydervæg + 60 mm isolering, inkl. fundamenter	0,29	0,31
G. Ekstra letklinkerblok i fundament	0,23	0,24
H. Fra B- til A-vinduer	0,05	0,07
I. Balanceret mekanisk ventilation	0,01	-0,02
J. Solceller på 1,0 kWp pr. hus	0,17	0,34
K. Solceller på 2,0 kWp pr. hus	0,30	0,68
L. Solceller på 3,0 kWp pr. hus	0,36	0,71
A+C+D+H+I opfylder Bygningsklasse 2020	0,04	0,04

7 Etagehuset

Der tages udgangspunkt i et typisk etagehus, som opfylder energikravene til nybyggeri i BR 2010. Etagehuse vil næsten udelukkende ligge i områder med fjernvarmeforsyning. Det er derfor forudsat, at etagehuset er opvarmet med fjernvarme. Etagehuset er nærmere beskrevet i bilag 3.

7.1 Energiløsninger og priser

Etagehuset er som udgangspunkt med 365 mm isolering på loftet, 300 mm isolering under kældergulvet, 200 mm udvendig isolering på kældervæggene, 190 mm isolering i ydervæggene og 30 mm falsisolering. I tabel 7.1 er vist de tilsvarende U-værdier. I tabellen er også vist forbedrede U-værdier for den forbedrede U-værdi for øget isoleringstykkelse i falsene. Udgangspunktet svarer til det, der som standard ofte benyttes i etagehuse.

Tabel 7.1. Etagehuset. Isoleringstykkelser og U-værdier for bygningsdelene.

Niveau	Loft		Ydervæg		Kældervæg		Kældergulv	
	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K
0	365	0,099	190/30	0,220	200	0,142	300	0,083
1			190/60	0,195				

Tabel 7.2. Energiløsninger, priser, vedligeholdelsesomkostninger og levetider for bygningsdele etagehuset. Priser er ekskl. moms.

Bygningsdel	Størrelse, isole-ring, el. type	Pris	Pris	Vedligehold	Levetid
		2014-priser	2018-priser		
		kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	år
Fjernvarmeunit	Alle	60.000	60.000	2.000	30
Loft	395 mm	597	597	0	50
Ydervæg	190 mm	2.776	2.776	0	100
False	+30 mm	25	15	0	100
Kældervæg	200 mm	2.292	2.292	0	100
Kældergulv	300 mm	746	746	0	100
Ekstra tæthed	1,5 > 1,0 l/s m ²	10	6	0	100
	1,0 > 0,5 l/s m ²	40	24		
Vinduer	C	3.953	3.953	0	30
	B	4.230	4.175		
	A	4.779	4.537		
Mekanisk ventilation	Alm. aggregat	76.000	76.000	3.000	40
	Bedre agg. mv.	128.000	117.600		
Solceller	1,0 kWp	23.200	18.560	Inverter*	25
	2,0	36.000	28.800		
	3,0	48.800	39.040		
	5,0	74.400	59.520		

* Inverter skiftes en gang i anlæggets levetid

I tabel 7.2 er vist priser for de forskellige energiløsninger, som er anvendt i beregningen af økonomien for etagehuset.

Mekanisk ventilation med bedre aggregat mv. omfatter:

- Forbedring af varmegenvinderens temperaturvirkningsgrad fra 0,70 til 0,85.
- Reduktion af ventilationssystemets specifikke elforbrug til lufttransport, SEL fra 1,8 til 1,5 kJ/m³.
- Mekanisk ventilation i trapperum og kælder i stedet for naturlig ventilation.

7.2 Energitiltag og energibehov

I dette afsnit vises de beregnede energiløsninger og de tilknyttede energibehov samt reduktioner i energibehov beregnet med Be10. Opgørelserne er underopdelt i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020.

Opgjort med energifaktorerne for 2015 har etagehuset med fjernvarme i udgangspunktet et energibehov på 44,8 kWh/m² år, hvor energirammen er 30,8 kWh/m² år for Lavenergibyggeri 2015. For at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 skal etagehuset ud over at opfylde energirammen også opfylde kraven til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

I udgangspunktet har klimaskærmen et dimensionerende varmetab på 5,4 W/m², hvor kravet til bygninger i tre etager er maksimalt 6,0 W/m². Det er således i udgangspunktet ikke nødvendigt at forbedre klimaskærmen for at opfylde varmetabskravet til klimaskærmen.

I tabel 7.3 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- Anvendelse af B mærkede vinduer i stedet for C mærkede vinduer.
- Forbedring af bygningens tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.

Tabel 7.3. Energitiltag og energibehov i etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2010	44,8	
A. Fra C- til B-vinduer	41,8	3,0
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	43,1	1,7
A+B: Nyt udgangspunkt	40,2	4,6
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	38,7	1,5
D. Forbedret mekanisk ventilation	33,7	6,5
E. Solceller på 5,0 kWp	31,4	8,8
A+B+C+D: Opdateret udgangspunkt	32,3	12,5
F. Solceller på 1,0 kWp	30,4	1,9
G. Solceller på 2,0 kWp	28,5	3,8
H. Solceller på 3,0 kWp	26,7	5,6
A+B+C+D+F: Opfylder BR2015	30,4	14,4

Tiltag A og B skal gennemføres for at opfylde energikravene til bygningens tæthed og vinduernes varmebalance i Lavenergibyggeri 2015. Det nye energibehov og den samlede reduktion ved dette er vist i tabel 7.3. Det nye energibehov er stadig noget større, end det energirammen tillader.

Der er dernæst regnet individuelt på at introducere tiltagene:

- C. Forøgelse af falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.
- D. Forbedring af den mekanisk ventilation.
- E. Installation af 5,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Det vælges, at tage nyt udgangspunkt i at tilføje gennemførelse af tiltag C og D i det videre forløb mod at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det nye energibehov og den samlede reduktion ved dette er også vist i tabel 7.3. Det nye energibehov er stadig lidt større, end det energirammen tillader.

Slutligt er der regnet på at klare resten med solceller ved individuelt at introducere tiltagene:

- F. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.
- G. Installation af 2,0 kWp solceller på taget.
- H. Installation af 3,0 kWp solceller.

Installation af 0,9 kWp solceller på den sydvendte del af taget er tilstrækkelig til at opfylde energirammen.

Opgjort med energifaktorerne for 2020 og opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 som ovenfor beskrevet har etagehuset med fjernvarme et nyt udgangspunkt med et energibehov på 23,9 kWh/m² år, hvor energirammen er 20,0 kWh/m² år for Bygningsklasse 2020. Energifaktorerne er opgjort uden solceller. For at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 skal etagehuset ud over at opfylde energirammen også opfylde de skærpede krav til klimaskærmens varmetab og vinduernes varmebalance, samt det skærpede krav til tæthed.

I det nye udgangspunkt har klimaskærmen et dimensionerende varmetab på 4,7 W/m², hvor kravet til bygninger i tre etager er maksimalt 5,7 W/m². Det er således i udgangspunktet ikke nødvendigt at forbedre klimaskærmen for at opfylde varmetabskravet til klimaskærmen i Bygningsklasse 2020.

I tabel 7.4 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Anvendelse af A mærkede vinduer i stedet for B mærkede vinduer.
- B. Forbedring af bygningens tæthed fra 1,0 l/s m² til 0,5 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.

Tabel 7.4. Energiltag og energibehov i etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Energi behov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2015	23,9	
A. Fra B- til A-vinduer	22,4	1,5
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	22,1	1,8
A+B: Nyt udgangspunkt	20,7	3,2
C. Solceller på 1,0 kWp	19,4	1,3
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	19,4	4,5

Energi behovet er stadig noget højere end energirammen. Slutligt er der derfor regnet på at klare resten med solceller ved individuelt at introducere tiltaget:

C. Installation af 1,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Installation af 0,6 kWp solceller på den sydvendte del af taget er tilstrækkelig til at opfylde energirammen. Behovet for solceller er således lidt mindre i etagehuset med fjernvarme for at opfylde Bygningsklasse 2020 end det var for at opfylde Lavenergibyggeri 2015.

7.3 Investering

I dette afsnit vises de beregnede investeringer svarende til energiløsningerne til etagehuset valgt i det foregående afsnit. Investeringerne er underopdelt i investeringen i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og investering i tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020. Investeringerne er opgjort både uden og med moms. Investeringerne er opgjort både i 2014-priser og i 2018-priser, som forklaret i afsnit 2.1 Prisscenerier.

I tabel 7.5 er vist investeringen i etagehuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 153 kr./m²-etageareal i 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil merinvesteringen ekskl. moms falde til 118 kr./m²-etageareal i 2018.

I tabel 7.6 er det samme opgjort inkl. moms. Den samlede merinvestering inkl. moms for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 191 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 147 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Tabel 7.5. Investering i etagehuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	62	50
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	10	6
A+B: Nyt udgangspunkt	72	56
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	11	7
D. Forbedret mekanisk ventilation	48	38
E. Solceller på 5,0 kWp	69	55
A+B+C+D: Opdateret udgangspunkt	132	101
F. Solceller på 1,0 kWp	21	17
G. Solceller på 2,0 kWp	33	27
H. Solceller på 3,0 kWp	45	36
A+B+C+D+F: Opfylder BR2015	153	118

Tabel 7.6. Investering i etagehuset med fjernvarme inkl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	77	62
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	13	8
A+B: Nyt udgangspunkt	90	70
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	14	8
D. Forbedret mekanisk ventilation	60	48
E. Solceller på 5,0 kWp	86	69
A+B+C+D: Opdateret udgangspunkt	164	126
F. Solceller på 1,0 kWp	27	21
G. Solceller på 2,0 kWp	42	33
H. Solceller på 3,0 kWp	56	45
A+B+C+D+F: Opfylder BR2015	191	147

I tabel 7.7 og tabel 7.8 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er etagehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergi-byggeri 2015. Den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 161 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 104 kr./m²-etageareal med 2018-priser. Inkl. moms bliver det henholdsvis 203 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 131 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

Investeringen i solceller i forbindelse med opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020 er sat til nul, da der allerede er det samme solcelleareal indregnet i investeringen for at opfylde Lavenergi-byggeri 2015.

Tabel 7.7. Investering i etagehuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergi-byggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Fra B- til A-vinduer	121	80
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	40	24
A+B: Nyt udgangspunkt	161	104
C. Solceller på 1,0 kWp	0	0
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	161	104

Tabel 7.8. Investering i etagehuset med fjernvarme inkl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Fra B- til A-vinduer	153	101
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	50	30
A+B: Nyt udgangspunkt	203	131
C. Solceller på 1,0 kWp	0	0
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	203	131

7.4 Privatøkonomisk

I dette afsnit opgøres privatøkonomien ved at etagehuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Privatøkonomien er opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Den privatøkonomiske returnering af investeringen er den samme for opførelse af økonomien med og uden moms.

I tabel 7.9 er vist privatøkonomien for etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 1,55 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 1,99 i 2018.

Tabel 7.9. Privatøkonomisk returnering af investering i etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,82	1,03
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	3,15	4,88
A+B: Nyt udgangspunkt	1,14	1,44
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	2,57	4,25
D. Forbedret mekanisk ventilation	2,27	2,83
E. Solceller på 5,0 kWp	1,12	1,45
A+B+C+D: Opdateret udgangspunkt	1,67	2,14
F. Solceller på 1,0 kWp	0,85	1,10
G. Solceller på 2,0 kWp	1,10	1,45
H. Solceller på 3,0 kWp	1,20	1,56
A+B+C+D+F: Opfylder BR2015	1,55	1,99

Tabel 7.10. Privatøkonomisk returnering af investering i etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra B- til A-vinduer	0,29	0,45
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	1,32	2,00
A+B: Nyt udgangspunkt	0,53	0,77
C. Solceller på 1,0 kWp	0,85	1,10
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,53	0,77

I tabel 7.10 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er etagehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,53 med 2014-priser og 0,77 med 2018-priser.

Privatøkonomien ved investeringen i solceller i forbindelse med opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020 er hold udenfor den samlede opgørelse af privatøkonomien for Bygningsklasse 2020, da der allerede er det samme solcelleareal indregnet i investeringen for at opfylde Lavenergibyggeri 2015.

7.5 Samfundsøkonomi

I dette afsnit opgøres samfundsøkonomien ved at etagehuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Samfundsøkonomien er ligesom privatøkonomien opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020.

I tabel 7.11 er vist samfundsøkonomien for etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 0,60 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 0,78 i 2018.

I tabel 7.12 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er etagehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,20 med 2014-priser og 0,30 med 2018-priser.

Samfundsøkonomien ved investeringen i solceller i forbindelse med opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020 er hold udenfor den samlede opgørelse af samfundsøkonomien for Bygningsklasse 2020, da der allerede er det samme solcelleareal indregnet i investeringen for at opfylde Lavenergibyggeri 2015.

Tabel 7.11. Samfundsøkonomisk returnering af investering i etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,34	0,42
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	1,30	2,00
A+B: Nyt udgangspunkt	0,47	0,59
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,00	1,71
D. Forbedret mekanisk ventilation	0,92	1,16
E. Solceller på 5,0 kWp	0,42	0,56
A+B+C+D: Opdateret udgangspunkt	0,67	0,87
F. Solceller på 1,0 kWp	0,14	0,24
G. Solceller på 2,0 kWp	0,30	0,41
H. Solceller på 3,0 kWp	0,36	0,50
A+B+C+D+F: Opfylder BR2015	0,60	0,78

Tabel 7.12. Samfundsøkonomisk returnering af investering i etagehuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energiiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra B- til A-vinduer	0,12	0,16
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,55	0,79
A+B: Nyt udgangspunkt	0,20	0,30
C. Solceller på 1,0 kWp	0,14	0,24
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,20	0,30

8 Kontorhuset

Der tages udgangspunkt i et typisk kontorhus, som opfylder energikravene til nybyggeri i BR 2010. Kontorhuse vil næsten udelukkende ligge i områder med fjernvarmeforsyning. Det er derfor forudsat, at kontorhuset er opvarmet med fjernvarme. Kontorhuset er nærmere beskrevet i bilag 4.

8.1 Energiløsninger og priser

Kontorhuset er som udgangspunkt med 340 mm isolering på taget, 300 mm isolering under kældergulvet, 200 mm udvendig isolering på kældervæggene, 195 mm isolering i lette facader, 190 mm isolering i ydervæggene og 30 mm falsisolering. I Tabel 8.1 er vist de tilsvarende U-værdier. I tabellen er også vist den forbedrede U-værdi for øget isoleringstykkelse i falsene. Udgangspunktet svarer til det, der som standard ofte benyttes i kontorhuse.

Tabel 8.1. Kontorhuset. Isoleringstykkelser og U-værdier for bygningsdelene.

Niveau	Tag	Tung ydervæg		Let facade		Kælderydervæg		Kældergulv		
	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K	mm	W/m ² K
0	340	0,112	190/30	0,220	195	0,211	200	0,142	300	0,083
1			190/60	0,195						

I tabel 8.2 er vist priser for de forskellige energiløsninger, som er anvendt i beregningen af økonomien for kontorhuset.

Mekanisk ventilation med bedre aggregat mv. omfatter:

- Forbedring af varmegenvinderens temperaturvirkningsgrad fra 0,70 til 0,85.
- Reduktion af ventilationssystemets specifikke elforbrug til lufttransport, SEL fra 1,8 til 1,5 kJ/m³.
- Mekanisk ventilation i kælder i stedet for naturlig ventilation.

Tabel 8.2. Energiløsninger, priser, vedligeholdelsesomkostninger og levetider for bygningsdele i kontorhuset. Priser er ekskl. moms.

Bygningsdel	Størrelse, isole- ring, el. type	Pris	Pris	Vedligehold	Levetid
		2014-priser	2018-priser		
		kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	kr./enhed (m ²)	år
Fjernvarmeunit	Alle	60.000	60.000	2.000	30
Tag	340 mm	1.078	1.078	0	50
Ydervæg, tung	195 mm	2.776	2.776	0	100
False	+30 mm	25	15	0	100
Let facade	195 mm	1.848	1.848	0	100
Kælderydervæg	200 mm	5.476	5.476	0	100
Kældergulv	300 mm	746	746	0	100
Ekstra tæthed	1,5 > 1,0 l/s m ²	10	6	0	100
	1,0 > 0,5 l/s m ²	40	24		
Vinduer	C	3.953	3.953	0	30
	B	4.230	4.175		
	A	4.779	4.537		
Mekanisk ventilation	Alm. aggregat	131.000	131.000	5.000	40
	Bedre agg. mv.	184.000	173.400		
Loftbelysning	Lysrør	2.000	2.000	60	30
	LED	2.400	2.200		
Arbejdslamper	Almindelig	500	500	25	30
	LED	500	500		
Solceller	11,0 kWp	147.000	117.600	Inverter*	25
	17,0	219.000	175.200		
	30,0	371.000	296.800		

* Inverter skiftes en gang i anlæggets levetid

8.2 Energiltag og energibehov

I dette afsnit vises de beregnede energiløsninger og de tilknytte energibehov samt reduktioner i energibehov beregnet med Be10. Opgørelserne er underopdelt i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020.

Opgjort med energifaktorerne for 2015 har kontorhuset med fjernvarme i udgangspunktet et energibehov på 65,0 kWh/m² år, hvor energirammen er 41,3 kWh/m² år for Lavenergibyggeri 2015. For at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 skal kontorhuset ud over at opfylde energirammen også opfylde kraven til klimaskærmens varmetab, bygningens tæthed og vinduernes varmebalance.

I udgangspunktet har klimaskærmen et dimensionerende varmetab på 4,5 W/m², hvor kravet til bygninger i fire etager er maksimalt 6,0 W/m². Det er således i udgangspunktet ikke nødvendigt at forbedre klimaskærmen for at opfylde varmetabskravet til klimaskærmen.

I tabel 8.3 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Anvendelse af B mærkede vinduer i stedet for C mærkede vinduer.
- B. Forbedring af bygningens tæthed fra 1,5 l/s m² til 1,0 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.

Tabel 8.3. Energiltag og energibehov i kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2010	65,0	
A. Fra C- til B-vinduer	61,6	3,4
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	63,0	2,0
A+B: Nyt udgangspunkt	60,0	5,0
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	59,8	0,2
D. Forbedret mekanisk ventilation	54,6	5,4
E. LED belysning	53,1	6,9
F. Solceller på 30,0 kWp	41,3	18,7
A+B+D+E: Opdateret udgangspunkt	48,0	17,0
G. Solceller på 11,0 kWp	41,2	6,8
A+B+D+E+G: Opfylder BR2015	41,2	23,8

Tiltag A og B skal gennemføres for at opfylde energikravene til bygningens tæthed og vinduernes varmebalance i Lavenergibyggeri 2015. Det nye energibehov og den samlede reduktion ved dette er vist i tabel 8.3. Det nye energibehov er stadig noget større, end det energirammen tillader.

Der er dernæst regnet individuelt på at introducere tiltagene:

- C. Forøgelse af falsisoleringen fra 30 mm til 60 mm.
- D. Forbedring af den mekanisk ventilation.
- E. LED lys i almenbelysning og arbejdslamper.
- F. Installation af 30,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Det vælges, at tage nyt udgangspunkt i at tilføje gennemførelse af tiltag D og E i det videre forløb mod at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det nye energibehov og den samlede reduktion ved dette er også vist i Tabel 8.3. Det nye energibehov er stadig lidt større, end det energirammen tillader.

Sluttigt er der regnet på at klare resten med solceller ved at introducere tiltaget:

- G. Installation af 11,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Installation af de 11,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget er tilstrækkelig til at opfylde energirammen.

Opgjort med energifaktorerne for 2020 og opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 som ovenfor beskrevet har kontorhuset med fjernvarme et nyt udgangspunkt med et energibehov på 35,1 kWh/m² år, hvor energirammen er 25,0 kWh/m² år for Bygningsklasse 2020. Energiforbruget er opgjort uden solceller. For at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 skal kontorhuset ud over at opfylde energirammen også opfylde de skærpede krav til klimaskærmens varmetab og vinduernes varmebalance, samt det skærpede krav til tæthed.

Tabel 8.4. Energitiltag og energibehov i kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Energibehov kWh/m ² år	Reduktion kWh/m ² år
Udgangspunkt: BR2015	35,1	
A. Fra B- til A-vinduer	33,8	1,3
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	33,7	1,4
A+B: Nyt udgangspunkt	32,4	2,7
C. Solceller på 17,0 kWp	24,8	7,6
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	24,8	10,3

I det nye udgangspunkt har klimaskærmen fortsat et dimensionerende varmetab på 4,5 W/m², hvor kravet til bygninger i fire etager er maksimalt 5,7 W/m². Det er således i udgangspunktet ikke nødvendigt at forbedre klimaskærmen for at opfylde varmetabskravet til klimaskærmen i Bygningsklasse 2020.

I tabel 8.4 er vist energibehovet og reduktionen i energibehovet ved individuelt at introducere tiltagene:

- A. Anvendelse af A mærkede vinduer i stedet for B mærkede vinduer.
- B. Forbedring af bygningens tæthed fra 1,0 l/s m² til 0,5 l/s m² ved trykprøvning ved 50 Pa.

Energibehovet er stadig noget højere end energirammen. Slutligt er der derfor regnet på at klare resten med solceller ved at introducere tiltaget:

- C. Installation af 17,0 kWp solceller på den sydvendte del af taget.

Installation af 17,0 kWp solceller på taget er tilstrækkelig til at opfylde energirammen.

8.3 Investering

I dette afsnit vises de beregnede investeringer svarende til energiløsningerne til kontorhuset valgt i det foregående afsnit. Investeringerne er underopdelt i investeringen i tiltag for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og investering i tiltag for at opfylde kravene til Bygningsklasse 2020. Investeringerne er opgjort uden moms, da det drejer sig om en virksomheds økonomi. Investeringerne er opgjort både i 2014-priser og i 2018-priser, som forklaret i afsnit 2.1 Prisscenarier.

I tabel 8.5 er vist investeringen i kontorhuset med fjernvarme ekskl. moms for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for kontorhuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 208 kr./m²-etageareal i 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil merinvesteringen ekskl. moms falde til 151 kr./m²-etageareal i 2018.

Tabel 8.5. Investering i kontorhuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2010	0	0
A. Fra C- til B-vinduer	75	60
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	10	6
A+B: Nyt udgangspunkt	85	66
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	2	1
D. Forbedret mekanisk ventilation	32	26
E. LED belysning	45	23
F. Solceller på 30,0 kWp	113	90
A+B+D+E: Opdateret udgangspunkt	163	115
G. Solceller på 11,0 kWp	45	36
A+B+D+E+G: Opfylder BR2015	208	151

Tabel 8.6. Investering i kontorhuset med fjernvarme ekskl. moms. for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Investering	Investering
	2014-priser	2018-priser
	kr./m ²	kr./m ²
Udgangspunkt: BR2015	0	0
A. Fra B- til A-vinduer	149	98
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	40	24
A+B: Nyt udgangspunkt	189	122
C. Solceller på 17,0 kWp	67	54
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	211	140

I tabel 8.6 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er kontorhuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samlede merinvestering ekskl. moms for at opfylde energikravene for etagehuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 211 kr./m²-etageareal med 2014-priser og 140 kr./m²-etageareal med 2018-priser.

I investeringen i solceller i forbindelse med opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020 er modregnet solcellearealet, som allerede er indregnet i investeringen for at opfylde Lavenergibyggeri 2015.

8.4 Privatøkonomisk

I dette afsnit opgøres privatøkonomien ved at kontorhuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Ved privatøkonomi forstås her virksomhedsøkonomi. Privatøkonomien er opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020.

I tabel 8.7 er vist privatøkonomien for kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den privatøkon-

miske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for kontorhuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 2,22 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 2,98 i 2018.

I tabel 8.8 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er kontorhuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den privatøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for kontorhuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,70 med 2014-priser og 1,98 med 2018-priser.

Tabel 8.7. Privatøkonomisk returnering af investering i kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,73	0,85
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	2,70	4,00
A+B: Nyt udgangspunkt	0,92	1,09
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	2,00	3,00
D. Forbedret mekanisk ventilation	2,47	3,00
E. LED belysning	4,84	9,22
F. Solceller på 30,0 kWp	2,27	2,89
A+B+D+E: Opdateret udgangspunkt	2,28	3,11
G. Solceller på 11,0 kWp	2,00	2,56
A+B+D+E+G: Opfylder BR2015	2,22	2,98

Tabel 8.8. Privatøkonomisk returnering af investering i kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra B- til A-vinduer	0,40	0,46
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,98	1,29
A+B: Nyt udgangspunkt	0,52	0,63
C. Solceller på 17,0 kWp	2,06	2,63
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,70	1,98

I privatøkonomien ved investeringen i solceller i forbindelse med opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020 er privatøkonomien for solcellearealet, som allerede er indregnet i investeringen for at opfylde Lavenergibyggeri 2015, modregnet.

8.5 Samfundsøkonomi

I dette afsnit opgøres samfundsøkonomien ved at kontorhuset skal opfylde energikravene til henholdsvis Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020. Samfundsøkonomien er ligesom privatøkonomien opgjort som returneringen af merinvesteringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020.

I tabel 8.9 er vist samfundsøkonomien for kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Det ses, at den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for kontorhuset med fjernvarme til Lavenergibyggeri 2015 er 1,02 med 2014-priser. Med den forventelige prisudvikling de kommende år vil den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen forbedres til 1,37 i 2018.

I tabel 8.10 er det tilsvarende vist for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er etagehuset med fjernvarme, som opfylder energikravene til Lavenergibyggeri 2015. Den samfundsøkonomiske returnering af merinvesteringen for at opfylde energikravene for kontorhuset med fjernvarme til Bygningsklasse 2020 er 0,31 med 2014-priser og 0,40 med 2018-priser.

I samfundsøkonomien ved investeringen i solceller i forbindelse med opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020 er samfundsøkonomien for solcellearealet, som allerede er indregnet i investeringen for at opfylde Lavenergibyggeri 2015, modregnet.

Tabel 8.9. Samfundsøkonomisk returnering af investering i kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra C- til B-vinduer	0,40	0,45
B. Tæthed fra 1,5 til 1,0 l/s m ²	1,40	2,17
A+B: Nyt udgangspunkt	0,49	0,58
C. Fra 30 til 60 mm falsisolering	1,00	2,00
D. Forbedret mekanisk ventilation	0,94	1,16
E. LED belysning	2,62	5,04
F. Solceller på 30,0 kWp	0,56	0,72
A+B+D+E: Opdateret udgangspunkt	1,17	1,59
G. Solceller på 11,0 kWp	0,49	0,67
A+B+D+E+G: Opfylder BR2015	1,02	1,37

Tabel 8.10. Samfundsøkonomisk returnering af investering i kontorhuset med fjernvarme for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er Lavenergibyggeri 2015.

Energitiltag	Returnering	Returnering
	2014-priser	2018-priser
	Andel	Andel
A. Fra B- til A-vinduer	0,21	0,24
B. Tæthed fra 1,0 til 0,5 l/s m ²	0,53	0,67
A+B: Nyt udgangspunkt	0,28	0,34
C. Solceller på 17,0 kWp	0,52	0,72
A+B+C: Opfylder Bygningsklasse 2020	0,31	0,40

9 Sammenfatning og konklusion

I dette kapitel sammenfattes hovedresultaterne fra beregningerne på eksempelbygningerne i de fire foregående kapitler.

Investering med 2014-priser for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 samt samlet for begge i kr./m²-etageareal ekskl. moms er opgjort i tabel 9.1 for de forskellige bygningseksempler og opvarmingskilder. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energirammen i BR2010.

Investering med 2014-priser for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 varierer fra 58 kr./m²-etageareal ekskl. moms for dobbelthuset med varmepumpe til 328 kr./m²-etageareal ekskl. moms for enfamiliehuset med fjernvarme. Med en samlet byggepris på fx 10.000 kr./m²-etageareal ekskl. moms, svarer det til henholdsvis 0,6 % og 3,3 % af den samlede byggeprisen.

Den tilsvarende investering med 2014-priser for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 161 kr./m²-etageareal ekskl. moms for etagehuset med fjernvarme til 422 kr./m²-etageareal ekskl. moms for enfamiliehuset med fjernvarme. Med en samlet byggepris på 10.000 kr./m²-etageareal ekskl. moms, svarer det til henholdsvis 1,6 % og 4,2 % af den samlede byggepris. Den samlede investering med 2014-priser for at opfylde både energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 314 kr./m²-etageareal ekskl. moms for etagehuset med fjernvarme til 750 kr./m²-etageareal ekskl. moms for enfamiliehuset med fjernvarme, svarende til henholdsvis 3,1 % og 7,5 % af den samlede byggeprisen.

I tabel 9.2 er det samme opgjort med de forventelige 2018-priser. Investering med 2018-priser for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 varierer fra 47 kr./m²-etageareal ekskl. moms for dobbelthuset med varmepumpe til 241 kr./m²-etageareal ekskl. moms for enfamiliehuset med fjernvarme. Med en samlet byggepris på igen fx 10.000 kr./m²-etageareal ekskl. moms, svarer det til henholdsvis 0,5 % og 2,4 % af den samlede byggeprisen.

Tabel 9.1. Investering for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 i kr./m²-etageareal ekskl. moms. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energikravene i BR2010. 2014-priser.

Bygning	Lavenergibyggeri 2015	Bygningsklasse 2020	Samlet for begge
Enfamiliehus med fjernvarme	328	422	750
Enfamiliehus med varmepumpe	287	371	658
Doppelthuset med fjernvarme	258	306	564
Doppelthuset med varmepumpe	58	294	352
Etagehus med fjernvarme	153	161	314
Kontorhus med fjernvarme	208	211	419

Tabel 9.2. Investering for at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 i kr./m²-etageareal ekskl. moms. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energikravene i BR2010. 2018-priser.

Bygning	Lavenergi-byggeri 2015	Bygningsklasse 2020	Samlet for begge
Enfamiliehus med fjernvarme	241	335	576
Enfamiliehus med varmepumpe	217	276	493
Dobbelthuset med fjernvarme	195	178	373
Dobbelthuset med varmepumpe	47	216	263
Etagehus med fjernvarme	118	104	222
Kontorhus med fjernvarme	151	140	291

Investeringen med 2018-priser i tabel 9.2 for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 104 kr./m²-etageareal ekskl. moms for etagehuset med fjernvarme til 335 kr./m²-etageareal ekskl. moms for enfamiliehuset med fjernvarme svarende til henholdsvis 1,0 % og 3,4 % af byggeprisen. Den samlede investering med 2018-priser for at opfylde både energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 222 kr./m²-etageareal ekskl. moms for etagehuset med fjernvarme til 576 kr./m²-etageareal ekskl. moms for enfamiliehuset med fjernvarme, svarende til henholdsvis 2,2 % og 5,8 % af byggeprisen.

I tabel 9.3 er for 2014-priser vist den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 samt samlet for begge for de forskellige bygningseksempler og opvarmingskilder.

Den privatøkonomiske returnering af investeringen med 2014-priser for at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 varierer fra 0,35 for enfamiliehuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 2,22 for kontorhuset med fjernvarme.

Den tilsvarende privatøkonomiske returnering af investeringen med 2014-priser for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,36 for dobbelthuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 0,70 for kontorhuset med fjernvarme. Den samlede investering med 2014-priser for at opfylde både energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,38 for enfamiliehuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 1,45 for kontorhuset med fjernvarme.

Tabel 9.3. Privatøkonomisk returnering af investering ved at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energikravene i BR2010. 2014-priser.

Bygning	Lavenergi-byggeri 2015	Bygningsklasse 2020	Samlet for begge
Enfamiliehus med fjernvarme	0,67	0,58	0,62
Enfamiliehus med varmepumpe	0,35	0,41	0,38
- uden prislempelse for elvarme	0,48	0,54	0,51
Dobbelthuset med fjernvarme	0,56	0,68	0,63
Dobbelthuset med varmepumpe	0,79	0,36	0,43
- uden prislempelse for elvarme	1,03	0,49	0,58
Etagehus med fjernvarme	1,55	0,53	1,03
Kontorhus med fjernvarme	2,22	0,70	1,45

Tabel 9.4. Privatøkonomisk returnering af investering ved at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energikravene i BR2010. 2018-priser.

Bygning	Lavenergibyggeri 2015	Bygningsklasse 2020	Samlet for begge
Enfamiliehus med fjernvarme	0,83	0,74	0,78
Enfamiliehus med varmepumpe	0,40	0,55	0,49
- uden prislempelse for elvarme	0,58	0,73	0,66
Dobbelthus med fjernvarme	0,68	1,14	0,90
Dobbelthus med varmepumpe	0,95	0,43	0,52
- uden prislempelse for elvarme	1,24	0,62	0,73
Etagehus med fjernvarme	1,99	0,77	1,42
Kontorhus med fjernvarme	2,98	0,91	1,98

I tabel 9.4 er det samme opgjort med de forventelige 2018-priser. Den privatøkonomiske returnering af investeringen med 2018-priser for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 varierer fra 0,40 for enfamiliehuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 2,98 for kontorhuset med fjernvarme.

Den tilsvarende privatøkonomiske returnering af investeringen med 2018-priser for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,43 for dobbelthuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 0,91 for kontorhuset med fjernvarme. Den samlede privatøkonomiske returnering af investeringen med 2018-priser for at opfylde både energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,52 for dobbelthuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 1,98 for kontorhuset med fjernvarme.

I tabel 9.5 er for 2014-priser vist den samfundsøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 samt samlet for begge for de forskellige bygningseksempler og opvarmingskilder.

Den samfundsøkonomiske returnering af investeringen med 2014-priser for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 varierer fra 0,04 for enfamiliehuset med varmepumpe til 1,02 for kontorhuset med fjernvarme.

Tabel 9.5. Samfundsøkonomisk returnering af investering ved at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energikravene i BR2010. 2014-priser.

Bygning	Lavenergibyggeri 2015	Bygningsklasse 2020	Samlet for begge
Enfamiliehus med fjernvarme	0,23	0,18	0,21
Enfamiliehus med varmepumpe	0,04	0,15	0,10
Dobbelthus med fjernvarme	0,17	0,20	0,19
Dobbelthus med varmepumpe	0,29	0,04	0,08
Etagehus med fjernvarme	0,60	0,20	0,40
Kontorhus med fjernvarme	1,02	0,31	0,67

Tabel 9.6. Samfundsøkonomisk returnering af investering ved at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020. Udgangspunktet er bygninger, som opfylder energikravene i BR2010. 2018-priser.

Bygning	Lavenergi-byggeri 2015	Bygningsklasse 2020	Samlet for begge
Enfamiliehus med fjernvarme	0,29	0,24	0,26
Enfamiliehus med varmepumpe	0,03	0,21	0,13
Dobbelthus med fjernvarme	0,20	0,33	0,26
Dobbelthus med varmepumpe	0,34	0,04	0,09
Etagehus med fjernvarme	0,78	0,30	0,55
Kontorhus med fjernvarme	1,37	0,40	0,90

Den tilsvarende samfundsøkonomiske returnering af investeringen med 2014-priser for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,04 for dobbelthuset med varmepumpe til 0,31 for kontorhuset med fjernvarme. Den samlede samfundsøkonomiske returnering af investeringen med 2014-priser for at opfylde både energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,08 for dobbelthuset med varmepumpe og prislempelse for elvarme til 0,67 for kontorhuset med fjernvarme.

I tabel 9.6 er det samme opgjort med de forventelige 2018-priser. Den samfundsøkonomiske returnering af investeringen med 2018-priser for at opfylde energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 varierer fra 0,03 for enfamiliehuset med varmepumpe til 1,37 for kontorhuset med fjernvarme.

Den tilsvarende samfundsøkonomiske returnering af investeringen med 2018-priser for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,04 for dobbelthuset med varmepumpe til 0,40 for kontorhuset med fjernvarme. Den samlede samfundsøkonomiske returnering af investeringen med 2018-priser for at opfylde både energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og derefter energikravene til Bygningsklasse 2020 varierer fra 0,09 for dobbelthuset med varmepumpe til 0,90 for kontorhuset med fjernvarme.

I tabel 9.7 er vist den indregnet solcelleeffekt i kWp i eksemplerne ved opfyldelse af energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og til Bygningsklasse 2020. For større bygninger som fx etagehuset og kontorhuset siger det mere at opgøre det pr. m²-etageareal. For etagehuset svarer det til henholdsvis 0,8 og 0,6 Wp/m²-etageareal og for kontorhuset svarer det til henholdsvis 3,4 og 5,2 Wp/m²-etageareal.

Tabel 9.7. Indregnet solcelleeffekt, kWp i eksemplerne ved opfyldelse af energikravene til Lavenergi-byggeri 2015 og til Bygningsklasse 2020.

Bygning	Lavenergi-byggeri 2015	Bygningsklasse 2020
Enfamiliehus med fjernvarme	0	0,9
Enfamiliehus med varmepumpe	0	0,1
Dobbelthus med fjernvarme	0	0,5
Dobbelthus med varmepumpe	0	0
Etagehus med fjernvarme	0,9	0,6
Kontorhus med fjernvarme	11	17

Tabel 9.8. Varme og el-behov i kWh/m²-etageareal ved opfyldelse af energikravene til nybyggeri i BR10, til Lavenergibyggeri 2015 og til Bygningsklasse 2020.

Bygning	BR 2010		Lavenergibyg. 2015		Bygningskl. 2020	
	Varme	El	Varme	El	Varme	El
Enfamiliehus med fjernvarme	62,1	0,5	37,4	2,0	32,4	0,3
Enfamiliehus med varmepumpe	0	16,1	0	14,6	0	11,1
Dobbelthus med fjernvarme	54,8	0,7	34,8	2,2	30,4	0,9
Dobbelthus med varmepumpe	0	15,7	0	14,9	0	11,1
Etagehus med fjernvarme	45,0	3,5	33,5	1,6	28,0	1,7
Kontorhus med fjernvarme	33,5	15,3	26,9	3,1	20,4	7,0

I tabel 9.8 er vist det resulterende varmebehov og elbehov til bygningsdrift for de forskellige eksempelbygninger og opvarmningsformer.

Det ses, at reduktionen i varmebehovet ved at gå fra Lavenergibyggeri 2015 til Bygningsklasse 2020 er begrænset samt at alle bygningseksempler og opvarmningskilde har et positivt elforbrug.

9.1 Diskussion og konklusioner

Investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020 varierer en del med bygningstype og opvarmningskilde. Generelt er investeringen størst i småhusene og mindst pr. m²-etageareal i de større bygninger. Der er generelt en lidt større investering for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020, end der er for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015.

I forhold til tidligere beregninger af økonomien ved de samme energikrav i SBi 2009:04, SBi 2011:18 og SBi 2013:25 er de nødvendige investeringer blevet noget lavere, som resultat af at produkter, markedet og konkurrencen har udviklet sig med fokus på de nye energikrav. Når dette fremskrives til de forventelige priser i 2018, vil det betyde et fald i investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020 på 25-30 % fra 2014 til 2018.

Den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020 varierer også en del med bygningstype og opvarmningskilde. Generelt er den privatøkonomiske returnering af investeringen dårligst i de små bygninger, hvilket primært skyldes det større investeringsbehov pr. m²-etageareal. I beregningerne er der ikke inddraget muligheden for at ændre i bygningernes design for at gøre dem mere energieffektive, hvilket normalt vil være nemmest i de små bygninger. I de store bygninger er den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 endog meget gunstig, hvilket nok primært skyldes, at en væsentlig del af energireduktionen kan opnås med installationstekniske tiltag og bedre vinduer.

Den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Bygningsklasse 2020 synes dog at blive en udfordring selv i de større bygninger og også med den forventelige fremtidige reduktion af priserne i 2018.

Den samfundsøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 er nogenlunde neutral i de større bygning-

ger, men ugunstig i de mindre bygninger. Dette forhold forstærkes ved opfyldelse af energikravene til Bygningsklasse 2020.

Generelt vil det nok kræve en betydelig indsats for at gøre Bygningsklasse 2020 gunstig med hensyn til både privatøkonomi og samfundsøkonomi.

Det er begrænset, hvilken reduktion der opnås i det nominelle varmebehov og elforbrug til bygningsdrift ved at opfylde energikravene i Bygningsklasse 2020 frem for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015. I de beregnede eksempler er reduktionen i varmebehovet 15-25 %, hvilket skyldes at en væsentlig del af reduktionen opnås ved ændringen af energifaktorerne for forsyningen i 2020.

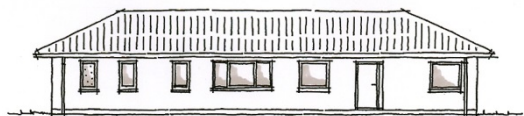
Det direkte behov for installation af solceller for at opfylde energikravene til Lavenergibyggeri 2015 og Bygningsklasse 2020 er forholdsvis lille både i boligerne og i kontorhuset.

I eksemplerne vil installation af solceller formodentligt kunne undgås i boligerne ved opfyldelse af energikravene til Lavenergibyggeri 2015 ved at erstatte solcellerne med andre tiltag. Men det vil formodentlig kræve en redesign af boligerne for helt at undgå solceller ved opfyldelse af energikravene i Bygningsklasse 2020.

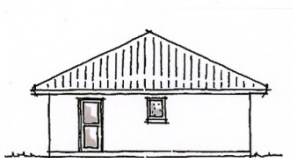
I kontorhuset er der en bedre samtidighed mellem solcellernes produktion og behovet i kontorerne, end der er i boligerne, som gør solceller mere relevante. Det er vanskeligt at vurdere, om solcellerne i kontorhuset kan erstattes af andre tiltag. For Lavenergibyggeri 2015 vil det sandsynligvis kunne lade sig gøre, men det vil øge merprisen for overholdelse af Lavenergiklasse 2015. Overholdelsen af energikravene til Bygningsklasse 2020 vil være vanskeligt uden brug af solceller.

Anvendelsen af solceller i nybyggeriet er følsom over for både prisen på solceller og afregningsbetingelserne, som har ændret sig betydeligt over årene. Det anbefales, at behovet for anvendelse af solceller i nybyggeriet analyseres nærmere inden den næste stramning af energikravene til nybyggeriet i Bygningsreglementet. Dette skal også ses i forhold til EU's regelsæt på området.

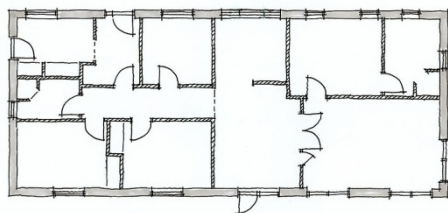
Bilag 1. Basis parcelhus



Parcelhuset nord og syd facade



Parcelhuset øst og vest gavl



Parcelhusets grundplan. Nord er opad.

Parcelhuset er et længehus i 1-plan på 150 m². Vinduer og døre har et areal på 22 % i forhold til etagearealet. Hovedparten af vinduesarealet er mod syd. Parcelhuset er fra Eksempelsamling om Energi, som ligger med link fra hjemmesiden Bygningsreglementet.dk.

Loft

Loftet har en U-værdi på 0,099 W/m² K, svarende til 365 mm isolering.

Ydervægge

Der er tunge ydervægge med 195 mm isolering og 30 mm kuldebroafbrydelse i vindues- og dørfalser, som giver en U-værdi på 0,166 W/m² K.

Fundamenter

Ydervæggsfundamenter er med 2 skifter letklinkerblokke med isoleret kerne i toppen og et linjetab på 0,115 W/m K.

Gulv

Terrændækket har en U-værdi på 0,93 W/m² K svarende til 300 mm isolering udlagt på kapilarbrydende lag.

Vinduer

Vinduerne er med energimærke C.

Skillevægge

Skillevægge er i letbeton.

Ventilation

Der naturlig ventilation med udeluftventiler i beboelsesrummene og aftrækskanaler fra køkken og bad samt almindelig emhætte i køkken.

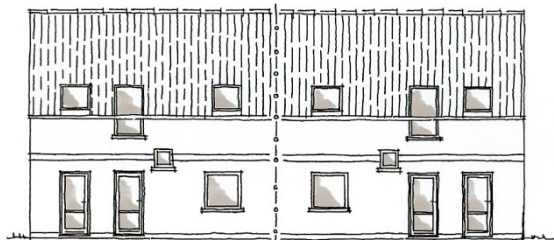
Varmeforsyning

Der er fjernvarme eller alternativt varmepumpe med jordslange.

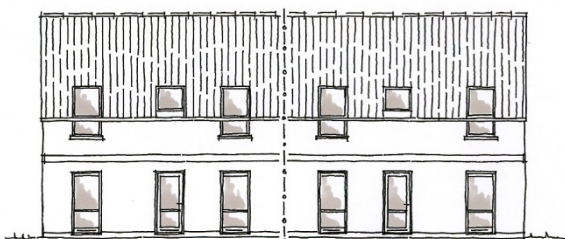
Varmeanlæg

Der er gulvvarme i alle rum. Fordelingsrør til varme og varmt vand er trukket øverst i isoleringslaget under betonen i terrændækket. Rør, armaturer, ventiler og pumper er isoleret efter kravene i DS 452.

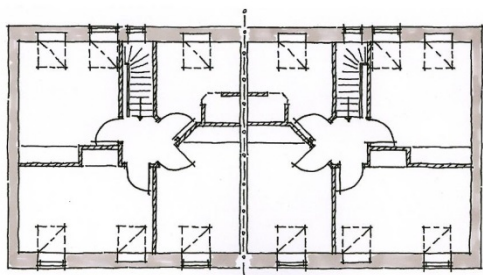
Bilag 2. Basis dobbelthus



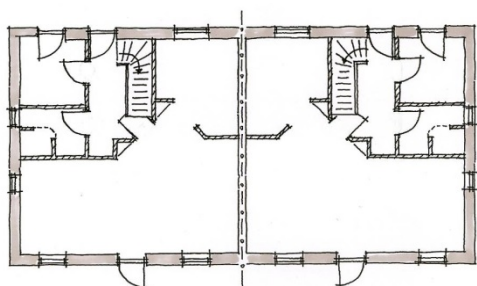
Dobbelthuset nordfacade



Dobbelthuset sydfacade



Dobbelthuset 1. sal



Dobbelthuset stueplan

Dobbelthuset består af to ens huse, hver med et etageareal på 132 m². Husene er i 1½-plan med stue, alrum, køkken, bryggers og et badeværelse i stue-etagen samt tre værelser og badeværelse på 1.sal. Der er 18,3 % vinduesareal i forhold til etagearealet. Vinduesarealet er næsten ligeligt fordelt mod nord og syd, dog med mest mod syd. Dobbelthuset er fra Eksempelsamling om Energi, som ligger med link fra hjemmesiden Bygningsreglementet.dk.

Loftet

Loftet har en U-værdi på 0,099 W/m² K, svarende til 365 mm isolering.

Skråvæg

Skråvæggen har en U-værdi på 0,203 W/m² K, svarende til 195 mm isolering.

Skunkvæg

Skunkvæggen har en U-værdi på 0,188 W/m² K, svarende til 220 mm isolering.

Ydervægge

Der er tunge ydervægge med 190 mm isolering og 30 mm kuldebroafbrydelse i vindues- og dørfalser, som giver en U-værdi på 0,166 W/m² K.

Fundamenter

Ydervægsfundamenter er med 2 skifter letklinkerblokke med isoleret kerne i toppen og et linjetab på 0,115 W/m K.

Gulv

Terrændækket har en U-værdi på 0,93 W/m² K svarende til 300 mm isolering udlagt på kapilarbrydende lag.

Vinduer

Vinduerne er med energimærke C.

Skillevægge

Skillevægge i stue-etagen er i letbeton. Skillevægge på 1. sal er med træskelet.

Ventilation

Der naturlig ventilation med udeluftventiler i beboelsesrummene og aftrækskanaler fra køkken og bad samt almindelig emhætte i køkken.

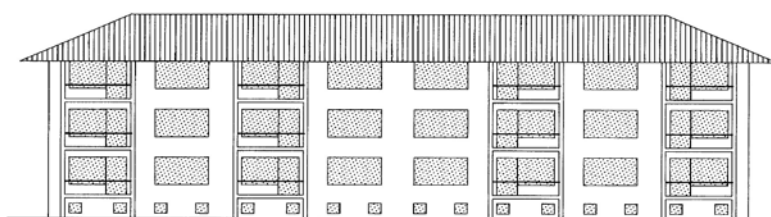
Varmeforsyning

Der er fjernvarme eller alternativt varmepumpe med jordslange.

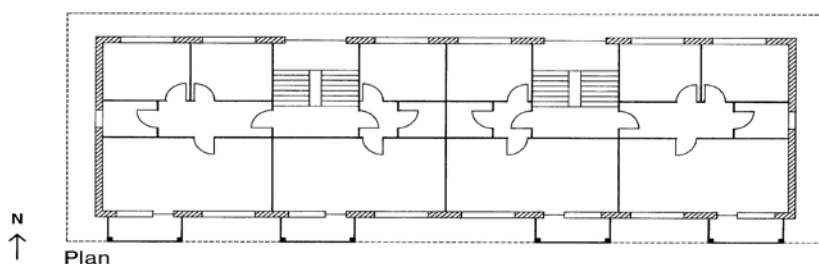
Varmeanlæg

Der er gulvvarme i alle rum. Fordelingsrør til varme og varmt vand er trukket øverst i isoleringslaget under betonen i terrændækket. Rør, armaturer, ventiler og pumper er isoleret efter kravene i DS 452.

Bilag 3. Basis etagehus



Facade



Etagehuset sydfacade og etageplan.

Etagehuset er en ejendom i 3 etager med et opvarmet etageareal på 1081 m², hvor hver etage er på 360 m². Kælderen er også opvarmet. Der er 6 små lejligheder på 66 m² og 6 store lejligheder på hver 91 m². Der er 22,5 % vinduesareal i forhold til etagearealet. Hovedparten af vinduesarealet i lejlighederne er mod syd. Der er store glaspartier i trapperummene mod nord. Etagehuset er både i SBI-anvisning 213: Bygningers energibehov og i Eksempelsamling om Energi, som ligger med link fra hjemmesiden Bygningsreglementet.dk.

Tag

Taget har en U-værdi på 0,099 W/m² K, svarende til 365 mm isolering.

Ydervægge

Der er tunge ydervægge med 190 mm isolering og 30 mm kuldebroafbrydelse i vindues- og dørfalser, som giver en U-værdi på 0,220 W/m² K.

Kælderydervægge

Kælderydervæggen har en U-værdi på 0,142 W/m² K, svarende til 200 mm udvendig isolering.

Kældergulv

Kældergulvet har en U-værdi på 0,83 W/m² K, svarende til 300 mm isolering.

Vinduer

Vinduerne er med energimærke C.

Skillevægge

Skillevægge er i beton.

Ventilation

Der er mekanisk ventilation i lejlighederne med varmegenvinding på 0,70. Ventilationen er behovsstyret. Den maksimale udsugning fra køkken og badeværelse er 35 l/s pr. lejlighed. Den maksimale ventilationsrate i de små

lejligheder er 0,53 l/s pr. m². Den maksimale ventilationsrate i de store lejligheder er 0,38 l/s pr. m²

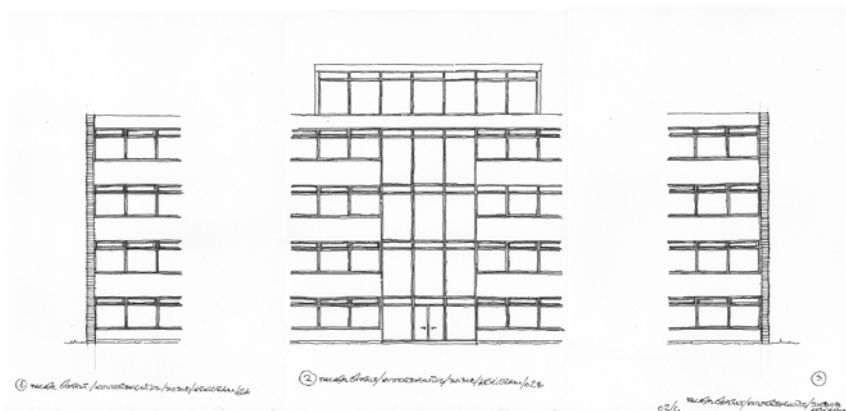
Varmeforsyning

Etagehuset opvarmes med fjernvarme.

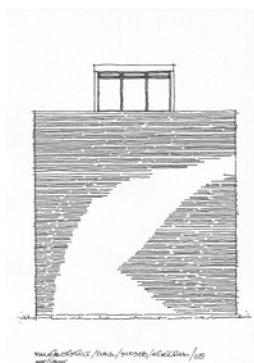
Varmeanlæg

Der er radiatorer i alle rum. Fjernvarmeveksler og varmtvandsbeholder står i kælderen. Der er vandret fordeling med rør på langs af kælderen og fire sæt lodrette stigstrengene. Cirkulationen på det varme brugsvand slutter i lejlighederne på 1. sal. Rør, armaturer, ventiler og pumper er isoleret efter kravene i DS 452.

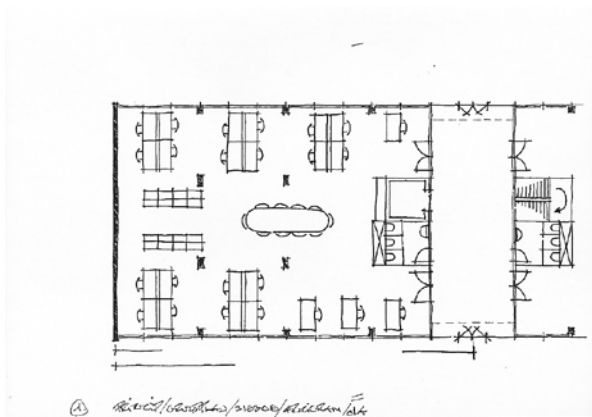
Bilag 4. Basis kontorhus



Kontorhuset facader



Kontorhuset gavle



Kontorhuset etageplan

Kontorhuset er i 4 etager med et opvarmet etageareal på 3283 m². Bygningen er 50,7 m x 16,4 m. Der er et uopvarmet teknikrum på taget og en opvarmet kælder. Loftshøjden er 2,80 m i arealerne ved facaden og 2,50 m i et midterareal for at skabe plads til langsgående ventilationskanaler. Etagehøjden er 3,60 m. Facaderne har store vinduesbånd med udluftningsvindue, et fast glasparti og en isoleret brystning. Ud for trapperummet er der glas i alle felter. Facaderne vender mod syd og nord. Facaden mod nord og syd er ens. Der er 27,2 pct. vinduesareal i forhold til etagearealet og 44,0 pct. i forhold til det samlede facadeareal.

Basis kontorhuset er udarbejdet til Eksempelsamling om Energi, som ligger med link fra hjemmesiden Bygningsreglementet.dk.

Taget

Taget har en U-værdi på 0,112 W/m² K, svarende til 340 mm isolering.

Gavle

Der er tunge gavle med 190 mm isolering og 30 mm kuldebroafbrydelse i false, som giver en U-værdi på 0,220 W/m² K.

Fyldningspartier

Fyldningspartierne i facaderne har en U-værdi på 0,211 W/m² K, svarende til 195 mm isolering.

Kælderydervægge

Kælderydervæggen har en U-værdi på 0,142 W/m² K, svarende til 200 mm udvendig isolering.

Kældergulv

Kældergulvet har en U-værdi på 0,83 W/m² K, svarende til 300 mm isolering.

Vinduer

Vinduerne er med energimærke C.

Solafskærmning

Der er udvendig solafskærmning med en afskærmningsfaktor på 0,2 foran alle vinduer bortset fra de nordvendte. Solafskærmningen styres automatisk, således at den aktiveres ved direkte sol på facaden.

Skillevægge

Skillevægge om kernen er i beton.

Ventilation

Der er mekanisk ventilation med varmegenvinding i kontorerne. Ventilationsanlægget er med variabel volumenstrøm. Ventilationsraten er 1,1 liter/sek. pr. m² opvarmet etageareal. Varmegenvindingsanlægget har en temperaturvirkningsgrad på 0,70. Ventilationsanlægget har et specifikt elforbrug til lufttransport, SEL på 1,8 kJ/m³. Anlægget kører om natten i varme perioder. Der er automatisk styrede åbnere på udluftningsvinduerne, som fungerer i brugstiden. Der er udsugning uden varmegenvinding fra toiletter.

Belysning

Der er en belysning på 200 lux i kontorerne og på 50 lux i alle andre rum. Den installerede effekt til belysning er 6 W pr. m² opvarmet etageareal i kontorerne og 4 W pr. m² opvarmet etageareal i andre rum. Belysningen i kontorerne er opdelt i 6 rækker på langs af facaden, hvor hver række styres kontinuerligt efter dagslystilgangen. I trapperummet slukkes belysningen automatisk ved høj dagslystilgang. Om natten er der lys på trappe og i elevator samt i udvalgte lysarmaturer i trapperum og i midterzonen i kontorerne.

Varme og varmt brugsvand

Kontorhuset opvarmes med radiatorer fra fjernvarme. Fjernvarmeveksler og varmtvandsbeholder står i kælderen. Der er et sæt lodrette stigstrengte til fordeling af varme og varmt brugsvand på hver side af trapperummet i kernen midt i bygningen. Det varme brugsvand er forsynet med cirkulation. Rør, armaturer, ventiler og pumper samt ventilationskanaler og aggregat er isoleret efter kravene i DS 452.

Rapporten analyserer de privatøkonomiske og samfundsøkonomiske konsekvenser af strammingerne af bygningsreglementets energikrav til nye bygninger i 2015.

Generelt er den privatøkonomiske returnering af investeringen ved at opfylde energikravene til 2015 lidt lav i de små bygninger, hvilket primært skyldes et større investeringsbehov pr. m². I de store bygninger er den privatøkonomiske returnering af investeringen for at opfylde energikravene til nybyggeri i 2015 til gengæld gunstig.

De samfundsøkonomiske fordele ved at opfylde energikravene til 2015 er nogenlunde neutral i de større bygninger, men ugunstig i de mindre bygninger.

Rapporten viser desuden, at det formentlig vil kræve en betydelig indsats at gøre Bygningsklasse 2020 gunstig både for private bygningsejere og samfundsøkonomisk set. Overholdelsen af energikravene til Bygningsklasse 2020 vil være vanskeligt uden brug af solceller. Rapporten anbefaler, at behovet for anvendelse af solceller i nybyggeriet analyseres nærmere inden den næste stramning af bygningsreglementets energikrav til nybyggeriet.

1. udgave, 2016
ISBN 978-87-563-1769-6