

Notat om balanceret mekanisk ventilation til etageboliger med modstrøms varmegenvinding og lavt elforbrug til ventilatorer.

Efterhånden som boliger bliver mere energibesparende på basis af forbedring af isolering og brug af lavenergiglas i vinduerne, så bliver ventilationsvarmetabet det dominerende varmetab.

Til etageboliger er brug af ventilation med varmegenvinding normalt tilstrækkeligt til at sikre, at et boligbyggeri lever op til de nye energiregler, hvis der samtidigt sikres en god tæthed af byggeriet, og i visse tilfælde kan man endda nærme sig en lavenergiklasse 2 standard, der er 25% bedre, ved brug af denne kombination.

Det er dog afgørende at vælge den rigtige varmegenvinderløsning og sikre en samlet god kvalitet af boligbyggeriet ved en såkaldt energikvalitetskontrol.

Man skal i den forbindelse sørge for at anvende balanceret ventilation med modstrømsvarmegenvinding, der genvinder op til 85% af afkastluftens varme og som har et lavt elforbrug for ventilatorerne. Her skal sættes på en såkaldt SEL værdi på minimum de 1250, der kræves i bygningsreglementet, men man kan opnå løsninger med SEL værdier helt ned til 800, der vil betyde et meget lavt elforbrug. Denne løsning vil samtidig kunne skabe grundlag for en betydelig forbedring af indeklimaet og ved en samtidig satsning på tæthed af byggeriet, og undgåelse af kuldebroer, så har man frit valg til at nå så langt med hensyn til varmebesparelser, som man vil, endda helt ned til et passiv hus niveau i varmeforbrug.

Når der skal anvendes balanceret, mekanisk ventilation med varmegenvinding i boliger, så er det normalt at sætte på udsugning af brugt luft fra de våde rum, som køkken og bad, og så indblæse op til 85-90% forvarmet friskluft f.eks. i soveværelser, så der kan sikres en god gennemskylning af frisk luft igennem boligen.

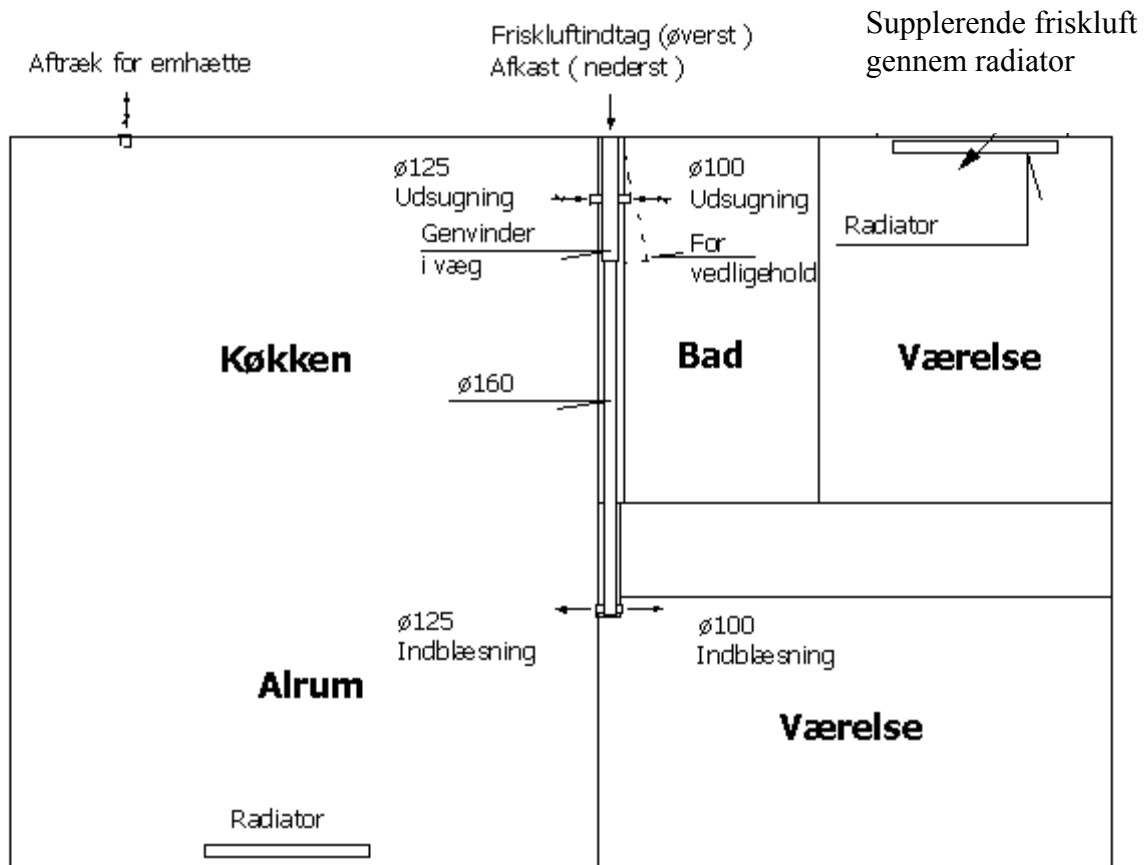
Med en modstrømsvarmegenvinder, som f.eks. EcoVent R200, der kun er 26 cm tyk (se www.ecovent.dk), så er det muligt at indpasse genvinderenheden på en nem måde, som i bebyggelsen Solengen i Hillerød f.eks. i forbindelse med en skillevæg, samtidigt med at den placeres indenfor klimaskærmen, så genvindingseffektiviteten på minimum 85% ikke påvirkes af varmetab. I figur 1 er vist et forslag til, hvordan en tynd varmegenvinder kan indbygges på en rationel måde i en moderne bolig, og hvordan det kan betyde meget korte kanalføringer, hvis man placerer køkken og bad tæt ved hinanden.

Som en specialløsning kan varmegenvinderløsningen også kombineres med brug af ca. 2 m² solceller pr. bolig til at matche det årlige elforbrug til ventilation. Dette er en meget visuel måde til at illustrere en CO₂ neutral ventilationsmulighed med varmegenvinding.

Hvis folk skal være tilfredse med et mekanisk ventilationsanlæg, er det desuden afgørende, at det ikke skal støje. Faktisk er det bedst, hvis man slet ikke kan høre det. Derfor stilles der normalt krav om, at et støjniveau på 25 dBA overholdes.

Fig. (1)

Forslag til placering af tynd varmegenvindingsenhed og kanalføring i skillevæg mellem køkken og bad.



Der er igennem en årrække og med ventilationsfirmaet EcoVent fra Århus som omdrejningspunkt gennemført et praktisk udviklingsprogram vedrørende tynde bygningsindpassede modstrøms varmegenvindere, som f.eks. kan placeres i en skillevæg eller over et nedhængt loft (se fig. 2).

Med den seneste udvikling er den såkaldte R200 varmegenvinderenhed nede på en størrelse med en tykkelse på kun 26 cm, en bredde på 55 cm og en længde på 1.31 – 1.57 m, afhængig af forholdene.

I fig. 3 og 4 i de vedhæftede bilag præsenteres f.eks. eksempler på anvendelse i et præfabrikeret boligbyggeri Solengen ved Hillerød, hvor prisen for ventilation med varmegenvinding var helt nede på 8.500 kr. pr. bolig og anvendelse i Danmarks første passivhus byggeri Rønnebækhave II i Næstved, hvor der også gennemføres forsøg med forvarmning af friskluft i jordkanal, så man kan undgå frostproblemer om vinteren og samtidig opnå en vis køleeffekt om sommeren.

Fig. (2)
Eksempel på tynd varmegenvinderenhet placeret i forbindelse med skillevæg.



Fig. (3)

Eksempel på placering af tynd EcoVent varmegenvinderenhed i skillevæg mellem bad og entre i det præfabrikerede byggeri Solengen i Hillerød. Meget korte føringsveje sikres idet køkkenet ligger op til badeværelset, og friskluft og afkastluft kan køres direkte ind og ud via taget. Den eneste længere ventilationskanal i boligen fører forvarmet friskluft til den anden ende af boligen gennem badeværelset. Der er også eftervarmeplade på indblæsningsluften, som i princippet kan bruges til at erstatte en eller flere radiatorer



Fig. (4)

I Danmarks første passiv hus byggeri, Rønnebækshave i Næstved, anvendes en kompakt varmegenvinder fra EcoVent i hver bolig. Der er fælles udsugningsventilator på loft, og forsøg med tilførsel af friskluft via jordkanaler så frostoproblemer undgås.

Det vil sige, at det ikke er nødvendigt med bypass mulighed i frostperioder om vinteren for de boliger, der har jordkanaler.



Fig. (5)
Eksempel på tynd R200 genvinder her præsenteret for partnere i EU-Demohouseprojektet i den CO₂ neutrale tagbolig i Ørestaden.



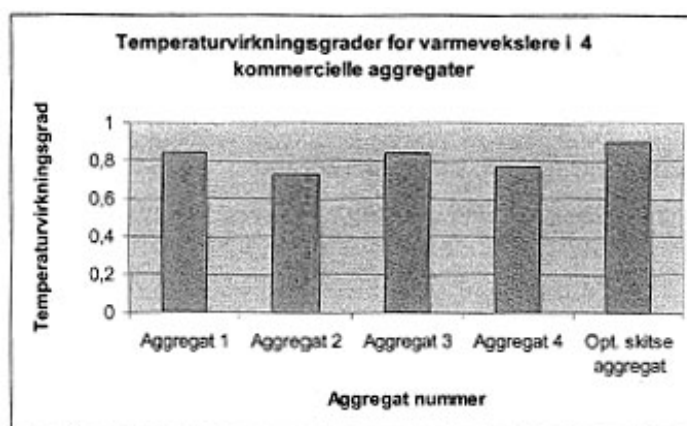
Ud over en høj varmegenvindingsgrad på minimum 85% udmærker de her nævnte løsninger sig ved et lavt elforbrug, som i forbindelse med brug af en ny varmeveksler indmad er blevet yderligere reduceret. Sidstnævnte er et direkte resultat af et flerårigt udviklingsarbejde som EcoVent har gennemført i samarbejde med blandt andet Teknologisk Institut og DTU.

Det skal i den forbindelse fremhæves, at nye afprøvninger på Teknologisk Institut både af danske og udenlandske varmegenvindere har dokumenteret, at det for alle genvindere med udenlandsk producerede modstrøms varmevekslere ikke er muligt at komme over en effektivitet på 73% for den "tørre" genvindingsgrad, mens EcoVents modstrømsvarmeveksler, som er den eneste, der produceres i Danmark, er målt til 85% og med en angivet mulighed for at opnå helt op til 89-90% effektivitet, hvor de gamle typer krydsvekslere ligger helt nede på omkring 60% i effektivitet.

Samtidigt skal SEL værdien for varmegenvindingsaggregater ifølge de nye energiregler være på max. 1250, hvilket de fleste almindelige typer genvindere har svært ved at opnå. Til sammenligning er SEL værdien på EcoVents modstrøms varmegenvinder på omkring 800.

Generelt kan man sige, at elforbruget til balanceret ventilation med varmegenvinding ikke bør overstige ca. 35 W pr. bolig.

I det følgende er der en kort gennemgang af de vigtigste måleresultater vedrørende den nye varmevekslerteknik, der er udviklet i samarbejde med Teknologisk Institut og DTU. I figur 7 sammenlignes temperaturvirkningsgraden af den udviklede veksler med fire kommercielle veksler (til boliger) afprøvet i et tidligere projekt. Af sammenligningen ses den forbedrede temperaturvirkningsgrad for den udviklede veksler. Det bør bemærkes, at veksleren i "Aggregat 3" er lavet i plastik, det vil sige, den må ikke bruges i aggregater, der forsyner flere brandceller, og "Aggregat 1" er den tidligere varmevekslertype fra EcoVent. Det bør yderligere bemærkes, at yderligere en kommerciel modstrømsveksler fra Østrig er afprøvet (oktober 2005) ved samme konditioner som prototypen. Effektiviteten blev målt til 0,75.



Figur 7. Temperaturvirkningsgrad af den udviklede varmeveksler sammenlignet med temperaturvirkningsgraden for fire kommercielle aggregater.

Målinger på ventilationsaggregatet i driftspunktet (155 m³/h og 140 Pa) gav følgende målte værdier :

- Tryktab over filter : 12 Pa
- Tryktab i overgang : 6 Pa
- Tryktab over veksler : 57 Pa.

Det samlede tryktab i aggregatet ligger hermed på omkring 75 Pa. Der er således ca. 65 Pa tilbage til selve kanalsystemet, armaturer m.m. I projektet er udviklet energieffektive aksialventilatorer til aggregatet. Elforbruget til én ventilator ved driftspunktet (155 m³/h og 140 Pa) er målt til ca. 15 W. Det specifikke elforbrug for de to ventilatorer i aggregatet bliver da $SEL = 15 + 15 / (155 / 3600) = 700 \text{ J/m}^3$, hvilket ligger væsentligt under projektets målsætning, som var en SEL-værdi under 1000 J/m³.

Det er dog også muligt at bruge andre typer modstrømsgenvindere end den tynde R200 model. EcoVent har f.eks. en S450 og en L400 model, til henholdsvis lodret og vandret montage, som kan give op til 400 m³/h, men som altså stadig bør placeres indenfor klimaskærmen, hvis den skal have en god nok effekt.

Ønskes anvendt et andet fabrikat er dette også muligt, men man vil nok støde ind i de førnævnte begrænsninger, og man bør derfor under alle omstændigheder kræve en omhyggelig dokumentation, helst baseret på afprøvning ved Teknologisk Institut, da de udenlandske prøvemethoder tilsyneladende er for optimistiske.

Fra Dalgasparken boligbyggeriet i Herning med 72 boliger fra 2003 har det været muligt at påvise en halvering af varmeregningen for beboerne alene på grund af tæthed i byggeriet og anvendelse af ventilation med varmegenvinding. Der er dog her også tale om direkte leverance af fjernvarme i boligerne, hvor der også er placeret individuelle varmeforbrugsmålere med radioovervågning.

På basis af dette vurderes det at den her nævnte løsning er den mest oplagte til at sikre opfyldelse af de nye energiregler. Og dette er yderligere blevet bekræftet i forbindelse med et nyt boligbyggeri i Solengen i Hillerød, hvor merprisen ved individuel ventilation med varmegenvinding kun var 85,- 100,- kr. / m², samtidig med at den nævnte løsning inkl. en vis forbedring af isoleringen stort set lever op til den nye lavenergiklasse 2 ud fra målinger der er gennemført.

En nylig analyse påviser at det gunstige prisniveau også bør kunne opnås ved etageboliger ved et vist byggeprojekt-volumen. Hermed vurderes det, at der kan opnås en tilbagebetalingstid på 5-6 år. Samtidigt med, at der opnås et bedre indeklima.

Det er vurderingen, at tæthed af byggeriet, som det anbefales at kommunerne i fremtiden skal stille krav til, i kombination med balanceret ventilation med varmegenvinding, stort set alene er nok til at klare de nye energikrav i bygningsreglementet.

Endelig er det vigtigt at satse på en optimering af energiforsyningsløsningen så man begrænser omfanget af tab mest muligt. Det kan gøres ved direkte fjernvarme i boligerne eller ved lavtemperatur gulvvarme og brug af individuelle varmtvandsbeholdere med el-supplement . Den sidstnævnte løsning er samtidig optimal til sammenkobling med en solvarmeløsning, hvor man kan blive selvforsynende med solvarme i sommerhalvåret.

For at sikre at ønskede besparelser også opnås i praksis foreslås det desuden at satse på en energikvalitetskontrol, som ud over Blowerdoor-test vedr. tæthed også omfatter termofotografering og brug af energisignatur til løbende opfølgning.

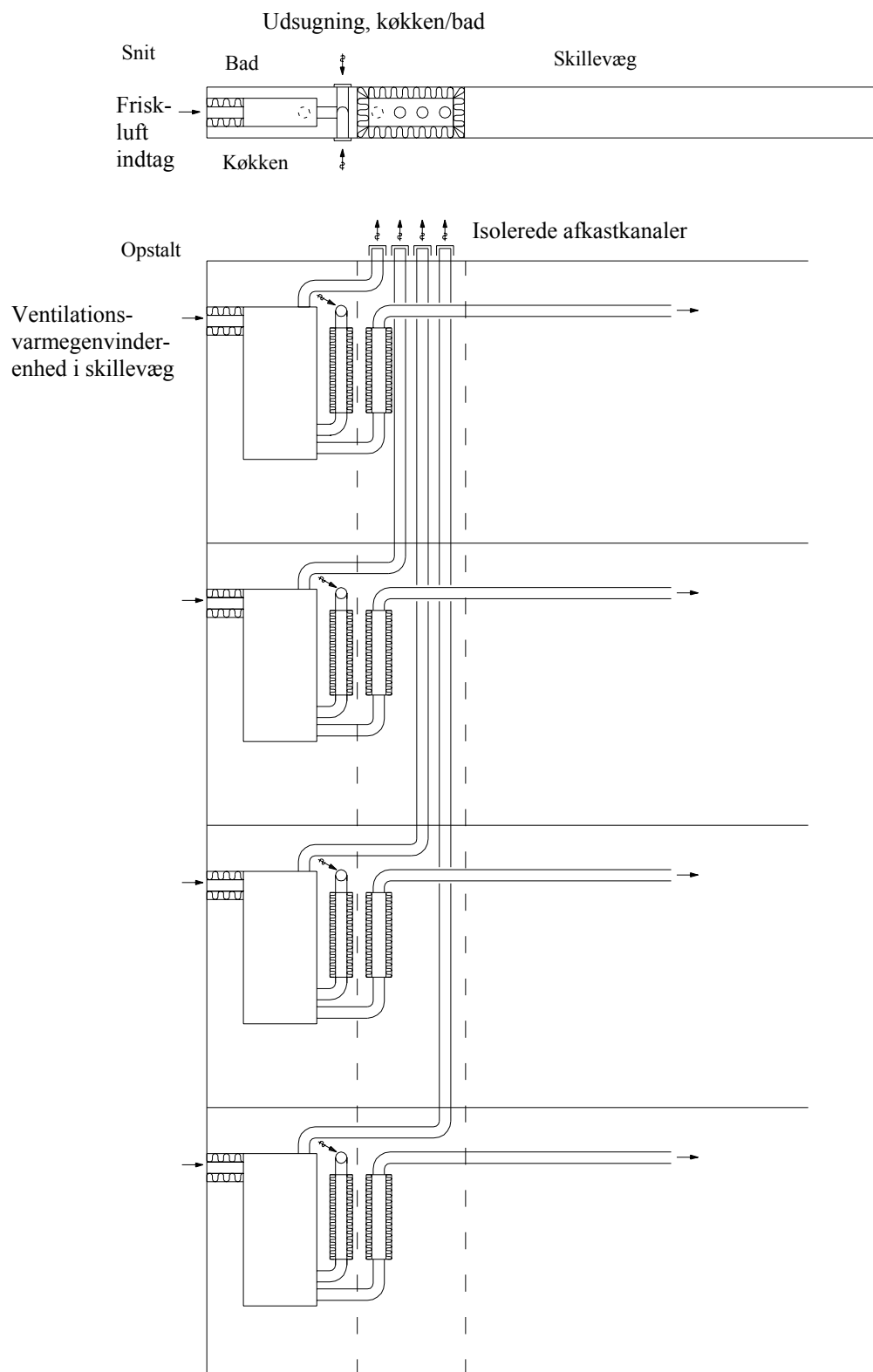
I øvrigt kan det nævnes at opnåelse af et lavenergiklasse 2 niveau også vil være det vigtigste kriterium for at byggeriet kan opnå et Grønt Diplom for nybyggeri og renovering, en ordning som er udviklet i samarbejde med Boligselskabernes Landsforening.

På basis af de nye energiregler i bygningsreglementet er der en god mulighed for at klare den nye energiramme ved hjælp af balanceret ventilation med varmegenvinding, samtidigt med at der opnås et forbedret indeklima, hvis man også sikrer en god lufttæthed af byggeriet, som der lægges op til at kommunerne kan stille krav om at få dokumenteret. I det følgende er der et eksempel på økonomi for en energieffektiv ventilationsvarme genvinderløsning til nybyggeri.

Eksempel på prisoverslag for anvendelse af en energieffektiv og kompakt varmegenvinder Ecovent R 200 til etageboliger i kombination med lufttæthed af byggeriet.

Udgangspunkt for prisvurdering pr. bolig:	500 boliger
1. Varmegenvinderenhed 22 cm tyk	9.500 kr
2. Taghætter og friskluft indtag	1.000 kr
3. Kanalarbejde inkl. 50 mm isolering af friskluft indtag og afkast	4.000 kr
4. Kondens afløb, el-arbejde og indregulering	1.200 kr
5. Eftervarme flade i indblæsningsluft (ikke dybt nødvendig, men kan være en fordel af hensyn til komfort og kan samtidig bruges til opvarmning af 2 værelser.)	<u>1.400 kr</u>
	I alt: <u>17.100 kr</u>
Arbejds løn:	<u>2.900 kr</u>
	I alt: <u>20.000 kr</u>
Pris for almindelig udsugnings ventilation	<u>10.500 kr</u>
Merpris ved ventilation med varmegenvinding inkl. eftervarme flade (105 kr. / m ²)	<u>9.500 kr</u>
Merpris ved ventilation med varmegenvinding ekskl. eftervarme flade (9.500-1.400)	<u>8.100 kr</u> (90 kr. / m ²)

Som det kan ses, er der tale om en meget konkurrencedygtig løsning, som vil give en stor varmebesparelse i praksis, da der ikke er noget varmetab af betydning, se også illustration på fig. 6.



Figur 6.
Princip for prisbillig modstrømsventilation med varmegenvinding i etageboliger.

Solengen i Hillerød – Et eksempel på et boligbyggeri der med en begrænset merinvestering lever op til de nye energiregler efter januar 2006.

I boligbebyggelsen Solengen er der, som præfabrikeret byggeri v. Scandi Byg, opført 17 lavenergi boliger på ca. 100 m² og et fælleshus, hvor der som noget nyt er gjort meget ud af at opnå en god lufttæthed af boligerne, samtidigt med at der anvendes en prisbillig, balanceret ventilationsløsning med varmegenvinding, til en merpris på kun 10.000,- kr. pr. bolig.

Der er her anvendt en kun 22 cm tyk ventilationsenhed fra firmaet EcoVent, der er placeret i en skillevæg mellem entre og badeværelse.

Der suges ud fra køkken og bad og blæses ind 2 steder i boligen. Løsningen er inkl. en lille centralvarmeforsynet eftervarmeplade i indblæsningsluften.

Inkl. ventilation med varmegenvinding og tæthed af boligerne og uden andre energiforbedringer, i forhold til normalt byggeri, kan det påvises, at der med det her nævnte samlede koncept ingen problemer er i at leve op til den 25-30% forbedring af energikravene, der vil være et krav efter januar 2006, og den samlede ekstra udgift er kun 13.300,- kr. pr. bolig eller 123,- kr. pr. m², hvilket giver en tilbagebetalingstid på ca. 10 år for brugerne, så der allerede 1. år opnås en positiv økonomi.

Energibalace i Solengen byggeriet i Hillerød.

Baseret på aflæste forbrug af gas, el og vand i en af boligerne (101m²) fra 1. august 2005 og til starten af 2006 kan følgende konkluderes.

Vandforbruget er lavt med 153 liter pr. dag i gennemsnit for de 2 personer, der bor i lejligheden. Ud fra dette vurderes varmtvandsforbruget at være 12 kWh/m².

Elforbruget vurderes at være 3.600 kWh om året ud fra det aflæste, det er inkl. vaskemaskine og tørretumbler.

Gasforbruget kan beregnes til i gennemsnit 2,08 m³ om dagen for et år ud fra målinger frem til 30. januar 2006. Det svarer til 758 m³ om året eller 75 kWh/m². Dette er ved en målt indetemperatur på 23 °C. Omsættes der her til normen på 20 °C, svarer det til et årligt varmeforbrug på 61 kWh/m².

Til sammenligning kan beregnes hvad energirammen er efter de nye energiregler. Dette er $2.200/202 + 70 = 81 \text{ kWh/m}^2$.

Niveauet ved de gamle regler der er 25% højere kan tilsvarende beregnes til $81/0.75 = 108 \text{ kWh/m}^2$

Tilsvarende kan lavenergiklasse 2 og 1 beregnes til henholdsvis 61 kWh/m² og 40 kWh/m².

Driftselforbrug vurderes til 300 kWh om året for ventilation og gulvvarmepumpe svarende til 3 kWh/m² eller 7.5 kWh/m² i varme.

Tillægges det sidste tal til det målte årlige varmeforbrug på 61 kWh/m² fås 68,5 kWh/m² som svarer til et niveau lidt over lavenergiklasse 2

Indregnes værdi af solcellestrøm (2 kWp = 111 Wp pr bolig) på 1.600 kWh om året til 18 boligheder kan der yderligere fratrækkes 2,3 kWh/m² i varmetab pr. bolig i forbindelse med energirammen (30% af driftselforbruget).



Solengen i Hillerød er opført som præfabrikeret byggeri efter de nye energiregler fra 1. april 2006.



Fælleshus i Solengen, Hillerød med Sarnafiltag og påsvejsede tyndfilm solceller af Unisolar typen.



Der er anvendt kun 22 cm tykke EcoVent ventilationsenheder med varmegenvinding i Solengen, som er placeret i skillevæg mellem entre og badeværelse.



Blowerdoor test blev anvendt til check af at lufttætheden var i orden.