

Installation av värmeåtervinning i kombination med tilläggsisolering av fasad

Förstudie

Peter Filipsson
Lars Ekberg
Åsa Wahlström

CIT Energy Management
2012-04-11

Sammanfattning

Denna förstudie behandlar ett koncept med fasadisolering i kombination med ombyggnation från F-ventilation till FTX. En leverantör lämnade ett anbud med detta koncept i teknikupphandlingen av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus.

Resultatet från studien stämmer väl överens med leverantörens beräkningar. Byggnadens behov av köpt energi minskar med 40 %. Värmebehovet sjunker med 59 kWh/m²år och elbehovet ökar med 2 kWh/m²år.

För att undvika dragrisk bör tilluftsdon placeras bakom befintliga radiatorer. Enligt beräkningarna blir inblåsningstemperaturen på bottenvåningen ca 14 °C när det är -15 °C utomhus.

Beräkningarna visar att roterande värmeväxlare inte ger upphov till fuktproblem i ett hus med normalt luftläckage och normalt fuktillskott. För att undvika risk för fuktproblem även i hus som inte är ”normala” kan en fuktgivare kopplad till förvärmning eller nedvarvning av rotorn installeras.

För att minimera risken för luktproblem bör värmeväxlarens renblåsningssektor injusteras omsorgsfullt.

Konceptet lämpar sig speciellt bra för byggnader som från början är dåligt isolerade och behöver en fasadrenovering.

Många enstegstätade fasader utan luftspalt har drabbats av omfattande fuktskador. För att minska risken för detta bör konstruktionen omsorgsfullt planeras och införande av luftspalt bör övervägas.

Att tänka på vid tilläggsisolering är praktiska och estetiska konsekvenser för fönster då smygar kan bli djupa. Likaså att beakta erfarenheterna från Danmark att tryckfall i kanaler kan bli höga om de inte utformas rätt.

Innehåll

Sammanfattning	2
1 Inledning	4
2 Metodbeskrivning	5
2.1 Inomhusklimat	6
2.2 Energiprestanda	7
3 Beräkningar	8
4 Värmeåtervinning och potentiella fukt- och luktproblem.....	13
5 Slutsatser och diskussion	16

1 Inledning

I samband med teknikupphandlingen av värmeåtervinningssystem i befintliga flerbostadshus lämnades ett anbud på ett koncept med fasadisolering i kombination med ombyggnad från F-ventilation till FTX. De nya tilluftskanalerna avses att monteras under tilläggsisoleringen vilket innebär mycket begränsade störningar för hyresgästerna.

Fasadisolering var inte aktuellt för någon av byggnaderna i teknikupphandlingen men några beställare antydde att de kunde tänka sig att prova konceptet i andra byggnader under förutsättning att vissa oklarheter angående energiprestanda och tilluftstemperatur först utreds. Föreliggande studie syftar till att reda ut dessa oklarheter samt att föra en diskussion kring fuktrisker med roterande värmeväxlare.

Ett snarlikt koncept har prövats i ett enfamiljshus i Danmark¹. Här bytte man dessutom fönster och dörrar och installerade solfångare, solceller och värmepump. En viktig erfarenhet från det danska projektet var att man fick höga tryckfall i ventilationssystemet och därmed hög elförbrukning i fläktar.

¹ *Ge huset en ny förpackning*, Marie Granmar, Energi & Miljö Nr 8, 2011.

2 Metodbeskrivning

Det studerade konceptet innebär att ett värmeåtervinningsaggregat placeras på vinden i ett befintligt flerbostadshus med F-ventilation. Nya tilluftskanaler dras från värmeåtervinningsaggregatet via utsidan husets befintliga fasad ned till tilluftsdon placerade bakom befintliga radiatorer. Därefter förses fasader och tilluftskanaler med tilläggsisolering.

Eftersom tilluftskanalerna dras på utsidan av den befintliga fasaden så finns risk att tilluften kyls ned mellan värmeåtervinningsaggregatet och tilluftsdonen. Denna risk finns så länge temperaturen ute är lägre än temperaturen inne och påverkar både inomhusklimat och energiprestanda. Värmeförlusten i tilluftskanalerna kan skrivas som

$$Q = UA \cdot \Delta T \quad (1)$$

där

$UA =$ Kanalsystemets nettovärmeförlust [W/K]

$\Delta T =$ Temperaturskillnad mellan uteluft och luften i tilluftskanalerna [K]

Temperaturskillnaden mellan uteluften och luften i tilluftskanalerna kan approximeras enligt

$$\Delta T = \frac{t_{v\grave{a}v} + t_{tilluft}}{2} - t_{ute} \quad (2)$$

där

$t_{v\grave{a}v} =$ Temperatur efter värmeåtervinningsaggregatet [°C]

$t_{tilluft} =$ Inblåsningstemperatur [°C]

$t_{ute} =$ Utomhustemperatur [°C]

Temperaturen efter värmeåtervinningsaggregatet kan skrivas som

$$t_{v\grave{a}v} = t_{ute} + \eta_{v\grave{v}x} \cdot (t_{inne} - t_{ute}) \quad (3)$$

där

$\eta_{v\grave{v}x} =$ Temperaturverkningsgrad i värmeåtervinningsaggregatet [-]

$t_{inne} =$ Inomhustemperatur (antas ekvivalent med frånluftstemperatur)[°C]

Värmen som förloras i tilluftskanalerna ger upphov till en temperatursänkning. Detta samband kan skrivas som

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{v\grave{a}v} - t_{tilluft}) \quad (4)$$

där

$\dot{V} =$ Ventilationsluftflöde [m^3/s]

$\rho =$ Luftens densitet [kg/m^3]

$c_p =$ Luftens specifika värmekapacitet [J/kgK]

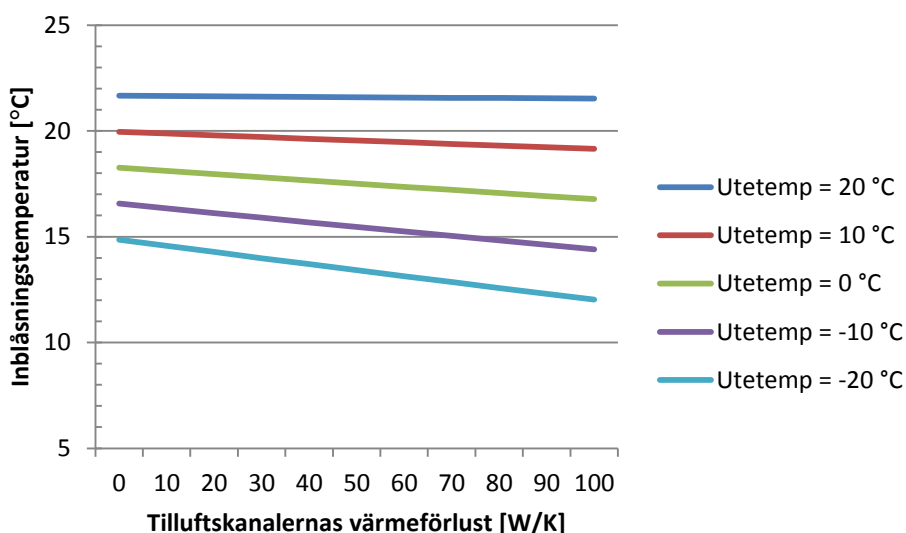
Eftersom det inte bara läcker värme från tilluftskanalen till utomhusluften utan även från originalfasaden till tilluftskanalen så kan man beräkna hur mycket isolering som krävs för att nettovärmeförlusten ska bli noll. Kvoten mellan temperaturdifferensen som driver värmeöverföringen från kanalen till uteluften, $t_{våv} - t_{ute}$, och temperaturdifferensen som driver värmeöverföringen från inomhusluften till kanalen, $t_{inne} - t_{våv}$ kan med hjälp av ekvation 3 skrivas som

$$\frac{t_{våv} - t_{ute}}{t_{inne} - t_{våv}} = \frac{\eta_{vvx}}{1 - \eta_{vvx}} \quad (5)$$

Praktiskt innebär detta att om värmeåtervinningsaggregatet har en temperaturverkningsgrad på 50 % så ska värmemotståndet mellan utomhusluften och kanalen vara lika stor som värmemotståndet mellan kanalen och inomhusluften för att helt och hållet undvika värmeförluster i tilluftskanalerna. Med en temperaturverkningsgrad på 75 % måste man istället ha tre gånger högre värmemotstånd mellan kanal och uteluft än mellan inomhusluft och kanal. Har man ännu högre värmemotstånd mellan kanalen och utomhusluften så kommer tilluften istället värmas i kanalen som då fungerar som en förlängning av värmeåtervinningsaggregatet. En väggs värmemotstånd kan fördubblas genom att antingen göra den dubbelt så tjock eller välja ett material med hälften så hög värmekonduktivitet.

2.1 Inomhusklimat

Genom att anta en inomhustemperatur på 22 °C, en temperaturverkningsgrad på 83 % och ett ventilationsflöde på 0,98 m³/s (motsvarar ett bostadshus på 2800 m²) så kan inblåsningstemperaturen med hjälp av ekvation 1 – 4 beskrivas som en funktion av utomhustemperaturen och tilluftskanalernas nettovärmeförluster.



Figur 1 Inblåsningstemperaturen som funktion av nettovärmeförlusterna i tilluftskanalerna

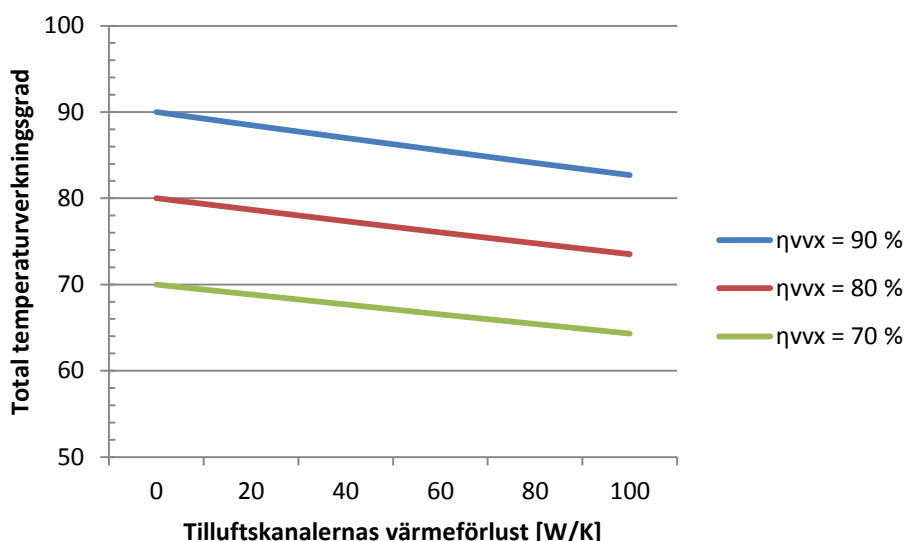
Exemplet ovan är en förenkling och resultatet gäller en medelinblåsningstemperatur eftersom man antar att all tilluft blåses in i byggnaden på samma ställe. I verkligheten kommer lägenheter högt upp i huset få högre inblåsningstemperaturer än lägenheter långt ner i huset där det således blir mer kritiskt.

2.2 Energiprestanda

Med värmeförluster i tilluftskanalerna försämras byggnadens energiprestanda. Man kan se det som att systemet får en sämre temperaturverkningsgrad än vad värmeåtervinningsaggregatet normalt presterar. Systemets temperaturverkningsgrad kan skrivas om som

$$\eta_{system} = \eta_{vvx} - \frac{t_{vav} - t_{tilluft}}{t_{inne} - t_{ute}} \quad (6)$$

Med ekvation 6 tillsammans med ekvation 1 – 4 kan temperaturverkningsgraden för hela systemet beskrivas som en funktion av tilluftskanalernas nettovärmeförluster. Notera att systemets temperaturverkningsgrad är oberoende av utomhusluftens temperatur.



Figur 2 Ventilationssystemets temperaturverkningsgrad som funktion av nettovärmeförlusterna i tilluftskanalerna

3 Beräkningar

För att beräkna konceptets energibesparingspotential har ett av husen i teknikupphandlingen undersökts och dess värmebalans simulerats. Uppgifter om verkningsgrader och fasadisolering har erhållits från leverantören. Alla energiberäkningar har utförts med simuleringsprogrammet BV². Klimatdata motsvarar Stockholm. Viktiga parametrar presenteras i Tabell 1.

Tabell 1 Viktiga parametrar för typhuset

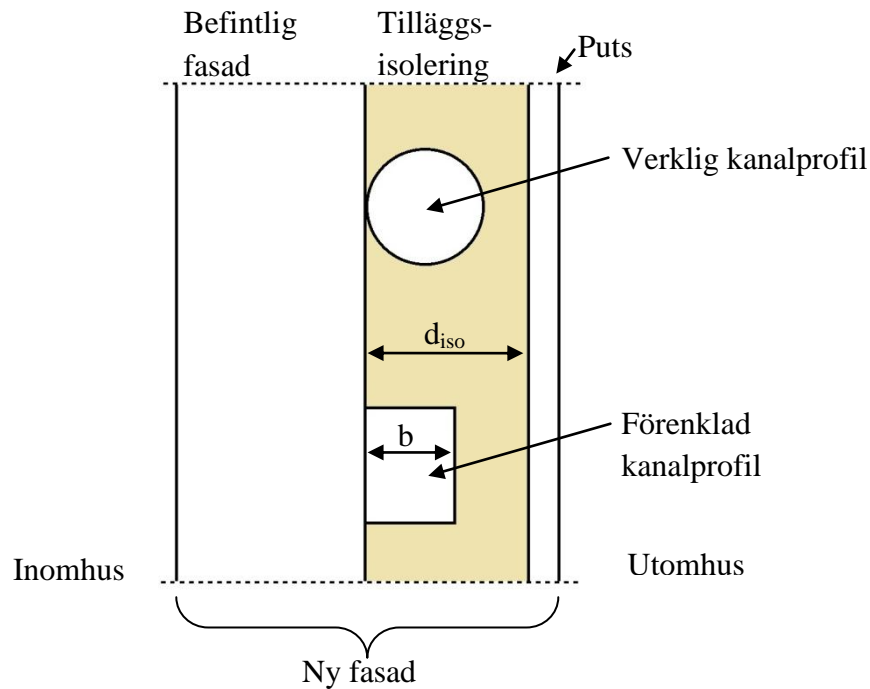
A _{temp} [m ²]	2800
Antal våningar	7
U-värde i originalfasad [W/m ² K]	0,49
Ventilationsflöde [l/sm ²]	0,35
Antal lägenheter	42
Antal tilluftsdon	84
Ventilationssystemets SFP [kW/(m ³ /s)]	0,6
Tappvattenvärmebehov [kWh/m ² år]	25
Inomhustemperatur [°C]	22

Det befintliga typhuset har ett totalt värmebehov på 137,7 kWh/m²år och ett behov av fastighetsel motsvarande 7,3 kWh/m²år.

För att uppskatta tilluftskanalernas värmeförluster har följande antaganden gjorts:

- Separata kanaler dras till varje tilluftsdon.
- Den i verkligheten cirkulära kanalprofilen antas ha lika stora värmeförluster som den förenklade kanalprofilen som illustreras i
- Figur 3.
- Den förenklade kanalprofilen har måtten 63 x 47 mm.
- Värmeflödet från den förenklade kanalprofilens kortsidor antas vara lika stort som värmeflödet från den befintliga fasaden till kanalen. Detta innebär att värmen som flödar från kanalens yttre långsida är ekvivalent med kanalens nettovärmeförlust.

Notera att rimligheten i det sistnämnda antagandet är beroende av tilläggsisoleringens tjocklek och avståndet mellan tilluftskanalerna.



Figur 3 Fasad sedd uppifrån

Värmeåtervinningsaggregatet antas ha en temperaturverkningsgrad på 83 %. Det nya ventilationssystemet antas ha ett SFP motsvarande 1,2 kW/(m³/s). Ökningen motsvarar ett ökat tryckfall på 435 Pa och en fläktverkningsgrad på 72 %.

Tilluftskanalernas värmeförluster beräknas enligt

$$UA = A \cdot \left(\frac{1}{\frac{d_{puts}}{\lambda_{puts}} + \frac{d_{iso} - b}{\lambda_{iso}}} \right) \quad (7)$$

Fasadens U-värde beräknas enligt

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_{bef}} + \frac{d_{puts}}{\lambda_{puts}} + \frac{d_{iso}}{\lambda_{iso}}} \quad (8)$$

A = Total area av kanalsystemets ytersida (53,7 m²)

d_{puts} = Putsens tjocklek (20 mm)

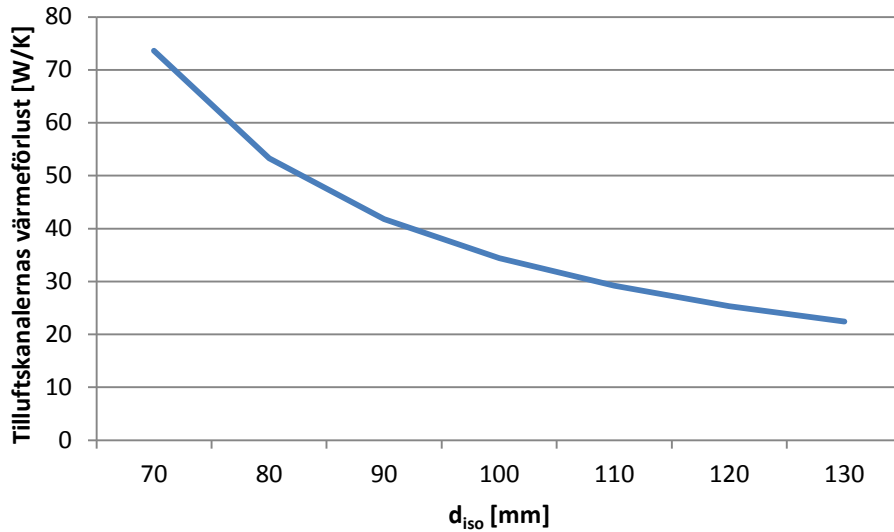
λ_{puts} = Putsens värmekonduktivitet (0,22 W/mK)

d_{iso} = Tilläggsisolerings tjocklek [mm]

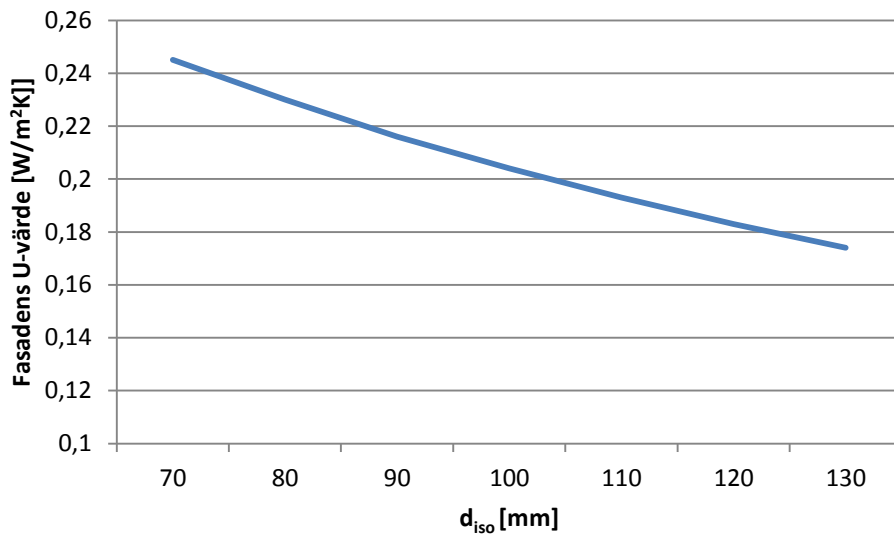
λ_{iso} = Tilläggsisolerings värmekonduktivitet (0,036 W/mK)

b = Tilluftskanalens djup (47 mm)

Ekvation 7 och 8 visualiseras i Figur 4 respektive Figur 5.

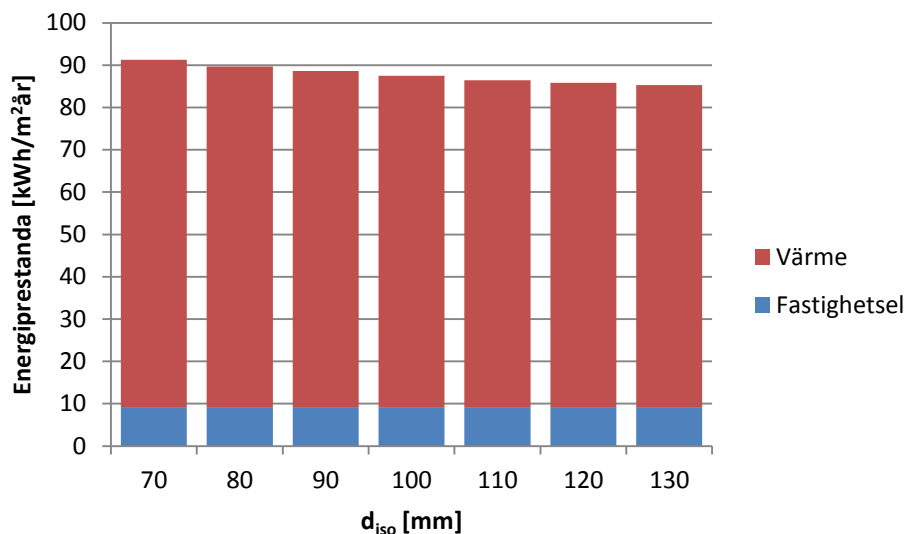


Figur 4 Tilluftskanalernas värmeförlust som funktion av tilläggsisoleringens tjocklek



Figur 5 Fasadens U-värde som funktion av tilläggsisoleringens tjocklek

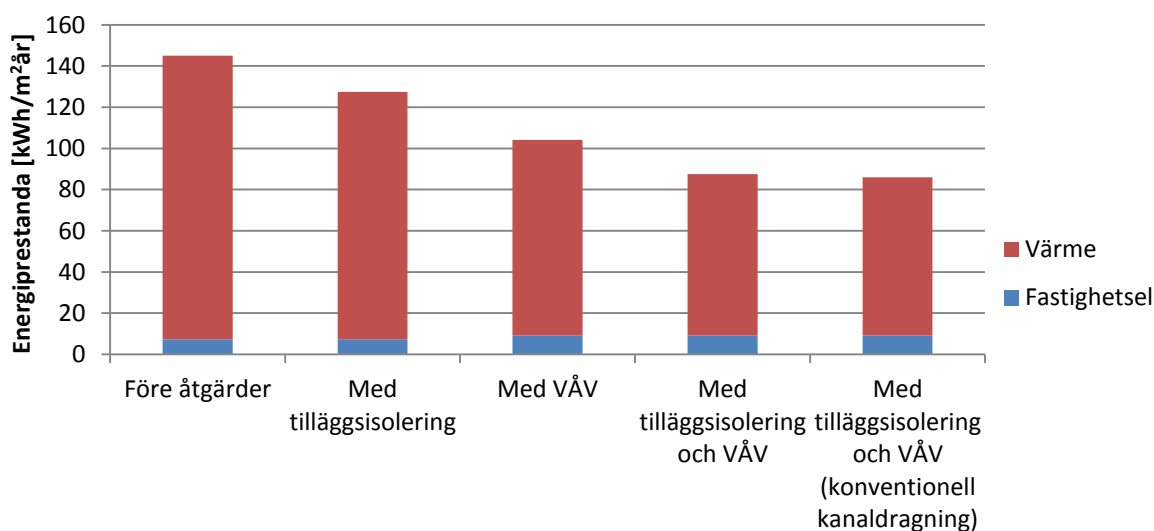
Med hjälp av ekvation 7 och 8 kan byggnadens energianvändning beräknas som en funktion av tilläggsisoleringens tjocklek. Resultatet presenteras i Figur 6.



Figur 6 Byggnadens energianvändning som funktion av tilläggsisoleringens tjocklek

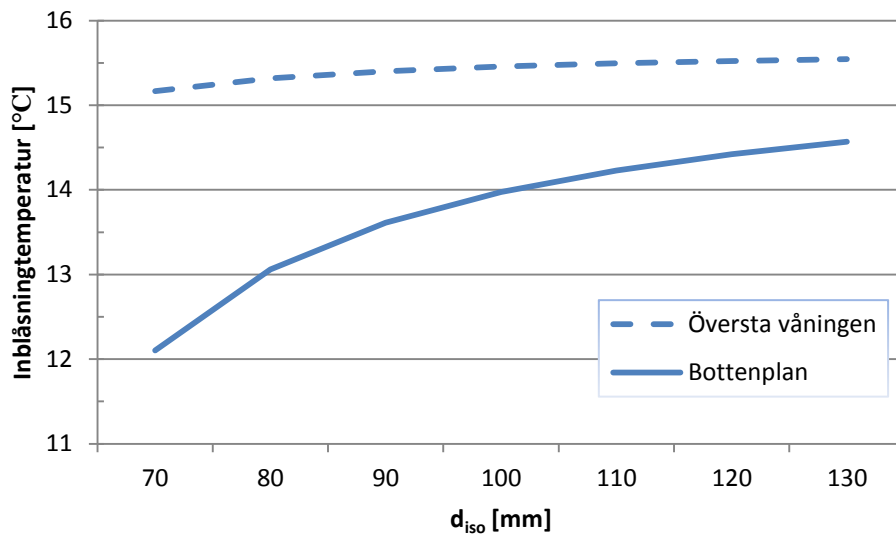
Energianvändningen i Figur 6 ska jämföras med byggnadens ursprungliga energianvändning som är 137,7 kWh/m²år värme 7,3 kWh/m²år fastighetsel.

I Figur 7 presenteras energibesparingen vid var och en av åtgärderna i konceptet. I fallet med enbart värmeåtervinning antas att man isolerar kanalen lika mycket som den isoleras när tilläggsisoleringens tjocklek är 100 mm. Detta jämförs även med ett fall med konventionell kanaldragning, här antas att det inte finns några värmeförluster i tilluftskanalerna.



Figur 7 Energianvändning före och efter energieffektiviseringsåtgärder (100 mm tilläggsisolering)

Inblåsningstemperaturen är mest kritisk när det är som kallast ute och i lägenheterna på bottenplan. Med 100 mm tilläggsisolering blir UA-värdet för den längsta tilluftskanalen 0,82 W/K. Luftflödet i varje kanal är 11,7 l/s. Med dessa indata fås med hjälp av ekvation 1 – 4 att inblåsningstemperaturen i den mest kritiska punkten är 14,0 °C när det är -15 °C utomhus. I Figur 8 visas hur inblåsningstemperaturen i tilluftsdonen på bottenplan och på översta våningen beror av tilläggsisoleringens tjocklek då temperaturen utomhus är -15 °C.



Figur 8 Inblåsningstemperaturen i lägenheterna på bottenplan och på översta våningen i sjuvåningshuset då utomhustemperaturen är -15 °C som en funktion av tilläggsisoleringens tjocklek

Tilläggsisoleringen i det aktuella anbudet är tänkt att göras utan luftspalt. Om man, för att minimera risken för fuktskador i fasaden, väljer att bygga in en luftspalt, så förändras beräkningarna en aning. Om man, för att ha god säkerhetsmarginal i energiberäkningarna, antar att luftspalten är helt ventilerad (luften i spalten har samma temperatur som utomhusluften), så kan man lägga på ca 3 mm på isolertjockleken d_{iso} för att få samma resultat som när man räknar utan luftspalt.

4 Värmeåtervinning och potentiella fukt- och luktproblem

Idag finns motströms plattvärmeväxlare med specificerad temperaturverkningsgrad på 90 %. Detta innebär att temperaturverkningsgrad inte bör vara en avgörande parameter när man väljer mellan roterande och plattvärmeväxlare. Desto viktigare att beakta är att plattvärmeväxlare kräver avfrostning och att roterande värmeväxlare återvinner fukt och lukt från frånluften.

Angående luftfuktighet inomhus står i Socialstyrelsens författningssamling (SOSFS 1999:21) följande

I 26 kap. 22 § miljöbalken finns bestämmelser om förutsättningarna för tillsynsmyndigheten att ställa krav på undersökningar av byggnader som upplåtits för bostäder eller allmänna ändamål. Indikationer som kan föranleda ett sådant krav är t.ex. [...]

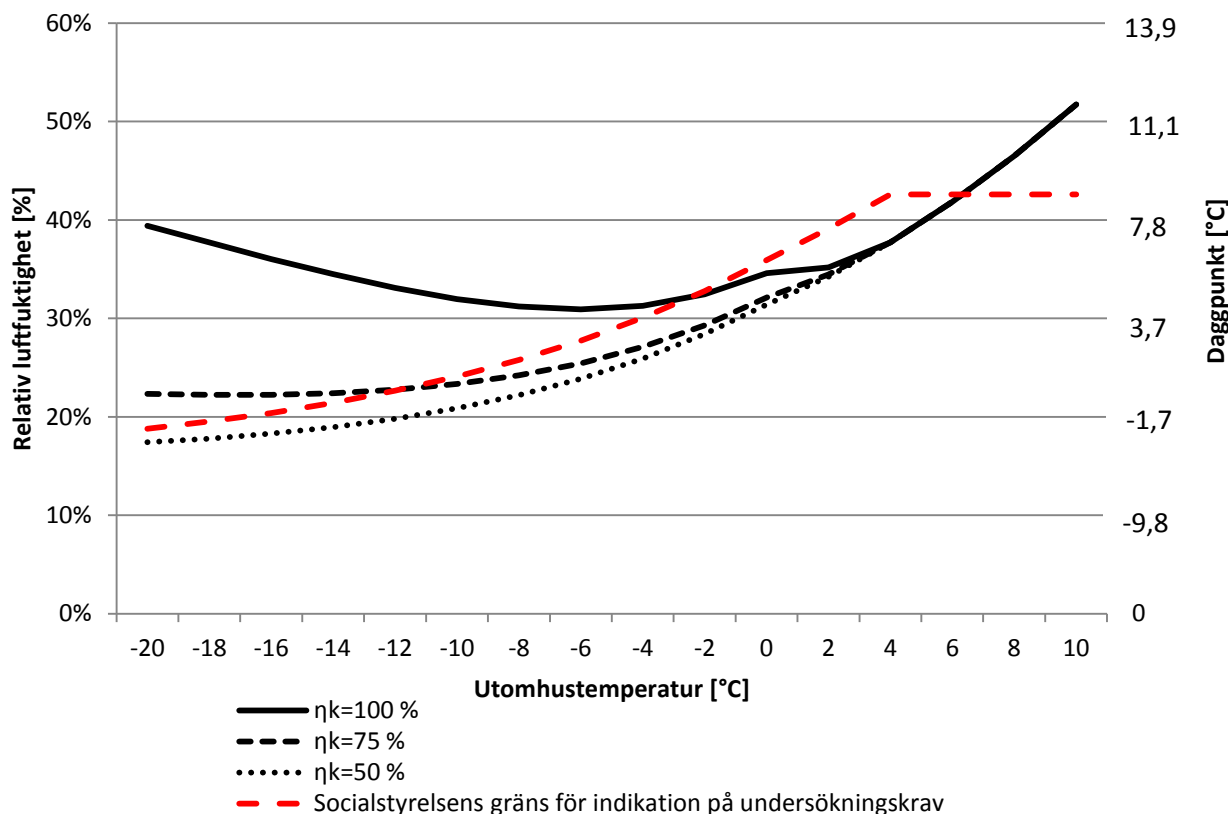
- om fukttillskottet inomhus, under vinterförhållanden, regelmässigt överstiger 3 g/m³ (2,5 g/kg).
- om luftfuktighetens medelvärde överstiger 7 g vatten/kg torr luft under en längre period under eldningssäsongen, vilket motsvarar ca 45 % relativ luftfuktighet vid 21°C.

I den första punkten tolkas ”fukttillskott” som ekvivalent med skillnaden i luftfuktighet inom- och utomhus.

Eftersom värmeväxlaren i det aktuella anbudet är icke-hygroskopisk kommer all fuktöverföring ske via kondensering. Enligt produktdata från anbudsgivaren är fuktverkningsgraden 46 % vid -20 °C och 90 % relativ luftfuktighet utomhus och 27 °C och 20 % relativ luftfuktighet inomhus. Den fuktverkningsgraden gäller endast vid exakt de förhållandena och är därför inte särskilt användbar.

Genom att göra ett antal antaganden kan luftfuktigheten inomhus visas som en funktion av utomhustemperaturen. Eftersom det saknas data och kännedom i allmänhet om i vilken grad tilluften för med sig fukt som kondenserat från frånluften (η_k) visas förhållandet för tre olika fall. Figur 9 gäller under följande antaganden:

- Fukttillskottet från verksamheten i byggnaden är 2 g/kg.
- Ofrivilligt luftläckage är 0,2 oms/h.
- Värmeväxlarens temperaturverkningsgrad är 83 %.
- Inomhustemperaturen är 22 °C.
- Relativ luftfuktighet utomhus är 90 %.



Figur 9 Inomhusluftens relativa fuktighet och motsvarande daggpunkt som funktion av utomhustemperatur och hur stor del av frånluftens condensat som tas upp av tilluften (η_k).

Nivån på den relativa luftfuktigheten är långt under vad som anses vara för fuktigt. Ett behagligt inomhusklimat har en relativ luftfuktighet på 40 – 60 %. Den låga daggpunkten visar att man i detta exempel inte får problem med kondensation på kalla ytor på klimatskalets insida.

Visserligen överskrids Socialstyrelsens grans för indikation på undersökningskrav men detta torde i sig inte vara något problem eftersom orsaken till överskridandet är känd och ofarlig.

Det är dock viktigt att poängtera att ovanstående samband endast gäller under nyssnämnda antaganden. Om exempelvis ofrivilligt luftläckage minskas så förändras sambanden mycket.

För att helt och hållet eliminera risken för den här typen av fuktproblem kan man komplettera värmeväxlarens styrsystem med en fuktgivare som styr ner varvtalet när det föreligger risk för för hög fuktöverföring. Detta försämrar dock systemets energiprestanda. En annan åtgärd för att undvika fuktproblem är att låta fuktgivaren styra en uteluftsförvärmare. Även detta påverkar förstås systemets energibehov.

I flerbostadshus med centrala roterande värmeväxlare kan luktåterföring innebära problem. Möjliga åtgärder är kolfilter och ozonrening. Förutom att åtgärderna är dyra innebär kolfilter ökat fläktarbete och ozonrening stora risker. Mätningar visar dock att det i nya roterande

värmväxlare återförs mindre än en procent frånluft till tilluften. Om det exempelvis kommer luftförorenad luft från en femtedel av lägenheterna kommer alltså mindre än 0,2 % av tilluften vara luftförorenad. För att minimera risken för luktproblem är det viktigt att värmväxlarens renblåsningssektor justeras korrekt med hänsyn till tryckförhållandena.

5 Slutsatser och diskussion

Förenklingen att värmeflödet från originalfasaden till kanalen är lika stort som värmeflödet från kanalprofilens kortsidor till utomhusluften gör att effekten av tilläggsisoleringens tjocklek är något underdriven. Konceptet lämpar sig speciellt bra för dåligt isolerade hus, dels ger tilläggsisolering en större besparing och dels värms tilluften i högre grad av värme som läcker ur originalfasaden.

I typbyggnaden, som är ett sju våningar högt punkthus i Stockholm, sänks behovet av köpt energi med 40 % då tjockleken på tilläggsisoleringen är 100 mm. Leverantörens beräkningar stämmer väl överrens med resultatet i denna studie.

Jämfört med om man drar kanalerna inne i huset kräver konceptet knappt 2 kWh/m²år mer värme, vid en tilläggsisoleringstjocklek på 100 mm. Detta skall vägas mot fördelarna med att dra kanalerna på originalfasadens utsida.

Med tanke på de låga inblåsningstemperaturer, cirka 14 °C, som uppstår på bottenplan under kalla dagar så bör tilluftsdon väljas omsorgsfullt och placeras bakom befintliga radiatorer för att garantera ett acceptabelt inomhusklimat.

En byggnad med normalt ofrivilligt luftläckage och normal fuktproduktion får inte problem med för fuktig inomhusluft. Man bör dock ha i åtanke att tilläggsisolering ofta bidrar till ökad täthet och har huset sällsynt högt fuktillskott kan fuktproblem uppstå. För att eliminera fuktproblemriskerna kan en fuktgivare kopplad till nedvarvning av rotern eller förvärmning av uteluften installeras. För att minimera luktåterföring bör värmeväxlarens renblåsningssektor injusteras omsorgsfullt.

I beräkningarna antogs att det ökade tryckfallet i systemet motsvarar 435 Pa. Detta bedöms vara rimligt och beräkningarna visar inte att fläktenergin ska bli onödigt hög. I det danska konceptet erhöles dock överraskande höga tryckfall. Därav bör tilluftskanalerna placeras omsorgsfullt för att undvika onödiga krökar.

Varken tilläggsisolering eller ombyggnation från F-ventilation till FTX har antagits påverka det ofrivilliga luftläckaget i byggnaden. Detta innebär att energibesparingen kan vara något underskattad.

Metoden att bygga enstegstätade oventilerade fasader är ifrågasatt eftersom många fasader av den typen har drabbats av fuktskador. Konstruktionen bör därför omsorgsfullt planeras och införande av luftspalt bör övervägas.

När man tilläggsisolerar ett befintligt flerbostadshus bör man ha i åtanke eventuella problem som kan uppstå p.g.a. att fönster måste flyttas ut, såväl estetiska som praktiska. Ett erfarenhetsexempel från Familjebostäder visas i figur 10. I detta fall gick det bara att flytta ut

fönstren 8 cm om man samtidigt skulle använda de gamla infästningarna. Därmed blir fönstret att sitta relativt långt in i fasaden beroende av hur tjock tilläggsisolering som görs. Detta kan medföra estetiska hinder men kan också vara fördelaktigt med avseende på solavskärmning.



Figur 10 Estetiska konsekvenser för fönster vid tilläggsisolering av fasad.