

Energirenoveringstiltag - katalog



Henrik Tommerup (redaktør)

Rapport

Institut for Byggeri og Anlæg
2010

DTU Byg-Rapport R-223 (DK)
Juli 2010

Forord

Dette katalog over energirenoveringstiltag er udarbejdet i forbindelse med EUDP2008-I projektet med titlen ”Energirenovering af typiske bygninger – eksempelsamling”. EUDP er energistyrelsens ”Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram”. Projektet er gennemført med økonomisk støtte fra programmet og har journal nr. 63011-0115.

Projektet er udført af Danmarks Tekniske Universitet (DTU Byg) i tæt samarbejde med Teknologisk Institut, Aalborg Universitet, Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet samt COWI A/S. Forsknings- og videninstitutionerne i projektet er identiske med kerneaktørerne i Innovationsnetværket for integrerede lavenergiløsninger på bygningsområdet (LavEByg), og arbejdet i projektet har suppleret arbejdet i netværket og omvendt.

Projektets formål har været at udvikle metoder og eksempler på energimæssigt vidtgående energirenoveringer for at stimulere til energibesparelser og øget anvendelse af vedvarende energi i eksisterende bygninger.

Den aktuelle rapport udgør et omfattende teknologikatalog over typiske energirenoveringstiltag i forbindelse med renoivering af eksisterende bygninger. For hvert tiltag er der redegjort for de væsentligste aspekter vedrørende f.eks. teknik, anvendelse, barrierer, indeklime, energibesparelse og priser. Rapporten er især målrettet byggebranchens projekterende, men også mange andre interessenter kan have glæde af rapporten.

Projektets rapportering omfatter herudover en række bygningsspecifikke med detaljerede analyser af energirenoveringsmuligheder for eksempler på typiske bygninger, herunder forslag til samlede tiltag til energirenovering til nybyg niveau og lavenergineiveau klasse 2 og 1 i henhold til bygningsreglement 2008. Der kommer én rapport for hver af disse fem typiske bygninger: parcelhus, murermesterhus, etageboligblok, skolebygning og kontorbygning. Rapporterne vil være tilgængelige medio august 2010.

Følgende personer har deltaget mere eller mindre i udarbejdelsen af kataloget:

Henrik Tommerup, DTU Byg (redaktør)
Diana Lauritsen, DTU Byg
Simon Furbo, DTU Byg
Svend Svendsen, DTU Byg
Bjarne Olesen, DTU Byg, Center for indeklime og energi
Rune Winther Andersen, DTU Byg, Center for indeklime og energi
Per Heiselberg, Aalborg Universitet
Kjeld Johnsen, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Kim Wittchen, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Jørgen Rose, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Søren Østergaard Jensen, Teknologisk Institut
Christian Holm Christiansen, Teknologisk Institut
Ivan Katic, Teknologisk Institut
Christian Heerup, Teknologisk Institut
Otto Paulsen, Teknologisk Institut
Lars Olsen, Teknologisk Institut
Svend Vinther Pedersen, Teknologisk Institut
Jan de Wit, Dansk Gasteknisk Center

Reto Hummelshøj og Peter Weitzmann fra COWI A/S har været en del af projektgruppen og har bidraget med input til rapporten. Innovationsnetværket LavEByg har haft mulighed for at give input til og kommentere på projektarbejdet.

Det kan nævnes, at der i et andet projekt er udviklet et beregningsværktøj, der er relevant til at skabe overblik over hvordan man renoverer en etageejendom mest energirigtigt, se www.energikoncept.dk. I den forbindelse er der også udarbejdet et ”referencekatalog”, som er et supplement til energikoncept.dk og som omfatter et bruttokatalog over energibesparende tiltag på eksisterende bygninger.

Indholdsfortegnelse

FORORD	1
INDHOLDSFORTEGNELSE	3
1 INDLEDNING	5
1.1 Strategi ved energirenovering	5
1.2 Økonomiberegninger	6
1.3 Fjernvarmeforsyning af fremtidens bygningsmasse	9
2 ISOLERET KLIMASKÆRM	10
2.1 Efterisolering af fladt tag	10
2.2 Efterisolering af loft med gitterspær	13
2.3 Efterisolering af tagrum med hanebåndsspær	15
2.4 Udvendig efterisolering af ydervægge	18
2.5 Indvendig efterisolering af ydervægge.....	21
2.6 Efterisolering af terrændæk.....	24
2.7 Efterisolering af krybekældre.....	27
2.8 Efterisolering af kældre.....	30
2.9 Isolere ved kuldebroer.....	33
2.10 Lufttætning af klimaskærmen	35
3 VINDUER	37
3.1 Renovere vinduer – forsatsvinduer	37
3.2 Renovere vinduer – skifte termorude til energirude.....	39
3.3 Skifte facadevinduer til energivinduer	42
3.4 Skifte facadevinduer til plusvinduer	44
3.5 Skifte facadevinduer til ventilationsvindue.....	46
3.6 Skifte/etablere ovenlysvinduer.....	48
3.7 Skifte/etablere ovenlyskupler.....	51
4 GLASFACADER INKL. SOLAFSKÆRMNING + BELYSNING	53
4.1 Efterisolering med glasfacader i betonelementbyggeri	53
4.2 Effektiv solafskærmning for regulering af solindfald og dagslys	55
4.3 Etablering af solvægge.....	57
4.4 Altaninddækning.....	60
4.5 Renovering af belysningsanlæg i større bygninger	63
5 INSTALLATIONER - VANDBÅRET VARME OG KØLING	65
5.1 Skift til lavtemperaturopvarmning samt højtemperaturkøling med termoaktive bygningskomponenter .	65
5.2 Skift til lavtemperaturopvarmning med radiatorer	67
5.3 Teknisk isolering.....	69
5.4 Styling af vandbåret varme- og køleanlæg	71
6 INSTALLATIONER - LUFTBÅREN VARME, VENTILATION OG KØLING ...	73
6.1 Forvarmning af ventilation i undergrund, også køling.....	73
6.2 Ventilation med varmegenvinding: Naturlig, hybrid, mekanisk	75
6.3 Decentral ventilation med varmegenvinding	77
6.4 Nye effektive ventilationsaggregater	79
6.5 Udnyttelse af frikøling	81
6.6 Udnyttelse af faseskiftende materialer	83
7 ENERGIFORSYNING	86
7.1 Brugsvandsforsyning, herunder decentralt.....	86
7.2 Skift af fjernvarmeinstallation	88
7.3 Skift af oliefyret kedel	91
7.4 Skift af gasfyret kedel	93

7.5	Udskiftning af cirkulationspumper i varme og klimaanlæg	95
7.6	Solfangere til opvarmning af brugsvand	98
7.7	Kombinerede solvarmeanlæg til rum- og brugsvandsopvarmning	100
7.8	Etablering af solcelleanlæg på tagflader	103
7.9	Etablering af luft-vand varmepumpe	105
7.10	Etablering af luft-luft varmepumpe	107
7.11	Etablering af jordvarmeanlæg	109
7.12	Mikrokraftvarme	111
7.13	Renovering af køleanlæg for ventilationsluft og rumkøling	114
8	BYGNINGSDRIFT	116
8.1	Commissioning	116
8.2	Driftsovervågning og energistyring	118
8.3	Brugeradfærd og styring	120

1 Indledning

Alle energirenoveringstiltag er beskrevet på samme måde ved anvendelse af følgende skabelon.

Generel beskrivelse	En kort og generel beskrivelse af tiltaget
Skitse	En illustrativ skitse af tiltaget
Teknik	Udførlig beskrivelse af de tekniske aspekter
Anvendelse	I hvilke tilfælde anvendelig og hvornår ikke
Barrierer	Hvad kan være til hindring for udførsel af tiltaget
Vurdering	Vurdering af tiltaget, som f.eks. merværdien, i relation til brugerkomfort/-venlighed, indeklima, drift og vedligeholdelse og arkitektur
Energiforsyningsnet	Aspekter i relation til eksternt energiforsyning uden for bygningen. Den specifikke betydning er angivet under de enkelte tiltag, hvor det er relevant. Angående fjernvarme generelt – se kapitel 1.3.
Myndighedskrav	Hvilke myndighedskrav at være opmærksom på
Produkthenvisninger	Henvisninger til relevante producentforeninger, hjemmesider mv. (som udgangspunkt ikke specifikke produkter/firmaer)
Litteratur	Referencer til relevant litteratur om tiltaget og yderligere information
Problemområder	Områder der bør fokuseres på for at sikre en optimal løsning
Alternative løsninger	Alternative løsninger der kan overvejes at udføre
Anlægspriser	Typiske priser på realisering af tiltaget
Energibesparelse	Typiske energibesparelser
Økonomi	Teknisk levetid, drifts/vedligeholdelsesudgifter, samt generelle eksempler på totaløkonomien.

1.1 Strategi ved energirenovering

Der er i rapporten redegjort for en lang række enkelttiltag til energirenovering. Disse tiltag bør anvendes ud fra en helhedsorienteret tilgang og plan for renovering af den enkelte bygning, så tiltagene implementeres og kombineres på den energimæssigt mest optimale måde, hvilket vil resultere i en både billigere og bedre renoveret bygning. Det vil være oplagt at tilstræbe en energimæssig forbedring til lavenerginiveau i forbindelse med gennemgribende renoveringer, men også mindre omfattende renoveringer, så bygningerne kan konkurrere med fremtidens nye bygninger, som meget snart skal opføres til lavenerginiveau, jf. regeringens planer om skærpelse af bygningsreglementets energibestemmelser.

Planlægning af energirenovering bør følge denne prioritering:

- Nedbring energibehovet via energibesparende tiltag vedr. klimaskærm og installationer
- Benyt så vidt muligt bæredygtige energikilder til energiforsyning
- Anvend fossil energi så effektivt som muligt
- Undgå energispild ved en effektivt styret bygningsdrift efter renoveringen

Prioriteringen indikerer at den mest bæredygtige energi er sparet energi og understreger vigtigheden af at mindske behovet for energi, før tilføjelse af systemer til energiforsyning. Dette fremmer robuste løsninger med få miljømæssige belastninger.

Der kan knyttes følgende kommentarer til de fire prioriteringsniveauer:

Ad. 1): Det basale problem i eksisterende bygninger er dårligt isolerede og utætte klimaskærmskonstruktioner, og det gælder især bygninger bygget før 1979, hvor de første væsentlige stramminger af bygningsreglementets isoleringskrav blev indført. Der er behov for en integreret tilgang til isolering og lufttætning af klimaskærmens enkelte bygningsdele og samlinger for at sikre en effektiv og sammenhængende isolering uden kuldebroer og en maksimal lufttæthed. En lufttæt klimaskærm er en forudsætning for at luftskiftet kan kontrolleres og dermed en forudsætning for en effektiv anvendelse af ventilation med varmegenvinding. Energibehovet kan også nedbringes ved at energiforbedre installationerne; etablere solafskærmning, solvægge og altaninddækninger, renovere belysningsanlæg, isolere tekniske installationer, udnytte materialers varmekapacitet, skifte til lavtemperatur opvarmning og højtemperatur køling osv.

Ad. 2): Når energibesparende tiltag vedr. klimaskærm og installationer har nedsat energibehovet og samtidig har forbedret indeklima, komfort og sundhed mv., er grundlaget lagt for dækning af energibehovet med så vidt muligt bæredygtige energikilder under hensyntagen til f.eks. pris og forsyningssikkerhed.

Ad. 3): Det resterende energibehov dækkes ved produktion og anvendelse af fossil energi så effektivt så muligt, f.eks. i form af kondenserende olie- og gaskedler. Skift til fjernvarme er en kombination af 2 og 3.

Ad. 4): Man bør undgå energispild gennem en optimering af bygningsdriften. Der er som i nye lavenergibygninger store energibesparelser at hente i lavenergirenoverede bygninger ved fokus på commissioning (løbende), driftsovervågning og styring samt stimulering til bedre brugeradfærd.

1.2 Økonomiberegninger

Rapporten omfatter ikke en systematisk behandling af økonomien i de forskellige energirenoveringstiltag, da den afhænger af det enkelte renoveringsprojekt og graden af renovering i form af hvad der alligevel skal udføres for at opretholde bygningens funktioner. Der er dog for de fleste tiltag medtaget nogle generelle betragtninger eller eksempler på energirenoveringsøkonomien.

Nedenfor er givet nogle eksempler på beregning af totaløkonomien i energirenoveringstiltag. Det må i den forbindelse generelt anbefales at benytte energisparepris metoden - og ikke simpel tilbagebetalingstid - som mål for rentabiliteten af energirenoveringstiltaget, idet der direkte tages hensyn til levetiden af tiltaget og direkte kan sammenlignes med den relevante energipris (energispæpris < energipris = rentabelt).

For energiforbedringer i forbindelse med nødvendig renovering af forfaldne bygningsdele, som skal renoveres energimæssigt til lovkrav, kan man antage en energirenoveringsfaktor på 0. Energirenoveringsfaktoren (0-1) defineres som den andel af anlægsudgifterne som kan tilskrives energirenovering. De resterende anlægsudgifter skal under alle omstændigheder

afholdes, hvis bygningen ønskes renoveret og bragt op på et niveau, så den kan benyttes i de næste mindst 30 år.

Hvis man f.eks. udskifter et forfaldent vindue til et almindeligt nyt energivindue, så kan energirenoveringsfaktoren med rimelighed sættes til 0 og derfor udgiften til energitiltag til 0 kr.

Nye almindelige energivinduer med 2-lags energirude er typiske væsentligt bedre end ældre udslidte vinduer med termorude og man opnår derfor en betydelig (gratis) energibesparelse. Hvis man for at spare mere energi vælger et energimæssigt bedre vindue, afholdes udgiften alene for at opnå en energibesparelse, og så er renoveringsgraden i dette tilfælde 1 (se eksempel 1).

Hvis man har 20 år gamle vinduer og levetiden antages at være 40 år og vælger man at skifte dem før tid for at spare energi, kunne man f.eks. regne med en renoveringsgrad på 0,5 og dermed en udgift til energitiltag på halvdelen af totaludgiften for almindelige energivinduer. Hertil kommer så merudgiften til lavenergivinduer (se eksempel 2).

Det årlige energitilskud (solvarmetilskud fratrukket varmetabet) for de forskellige facadevinduer i eksemplerne:

Ældre vinduer med termorude: ca. -150 kWh/m^2

Alm. energivinduer med 2-lags energirude: ca. -33 kWh/m^2 (krav i BR 2010)

Plusenergivinduer med 3-lags energirude: ca. 0 kWh/m^2

Økonomien i eksempel 1 og 2 er udtrykt ved energispareprisen (ESP), der beregnes simpelt, som prisen for energitiltag inkl. moms divideret med energibesparelsen over levetiden - uden hensyntagen til fremtidige økonomiske forhold og finansieringsudgifter.

Eksempel 1: Udskiftning af ældre, forfaldne facadevinduer med termorude ($U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) til Plusenergivinduer med 3-lags energirude ($U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) frem for almindelige energivinduer med 2-lags energirude ($1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Levetid: 30 år (BR 2010)

Merpris for Plusenergivinduer: ca. 1000 kr/m^2

Energirenoveringsfaktor: 1

Pris for energitiltag: ca. 1000 kr/m^2

Energibesparelse: ca. 33 kWh/m^2

ESP: 1,0 Kr/kWh

Eksempel 2: Udskiftning af ”midaldrende” facadevinduer med termorude ($U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) - for at spare energi - til Plusenergivinduer med 3-lags energirude ($U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Levetid: 30 år (BR 2010)

Pris for almindelige energivinduer: ca. 3500 kr/m^2

Energirenoveringsfaktor: 0,5

Merpris for Plusenergivinduer: ca. 1000 kr/m^2

Energirenoveringsfaktor: 1

Pris for energitiltag: $0,5 \times 3500 + 1 \times 1000 = 2750 \text{ kr/m}^2$

Energibesparelse: ca. 150 kWh/m^2

ESP: 0,6 Kr/kWh

Energispareprisen kan direkte sammenlignes med varmeprisen. Hvis varmforsyningen kommer fra et nyere oliefyur med en effektivitet på 100 % og en oliepris på 10 kr./liter vil prisen for en kWh varme være 1,0 kr/kWh. I forhold til denne opvarmningsform er tiltagene rentable. For opvarmning med jordvarmepumpe med en effektivitet på 3,2 og en elpris på 2,0 kr/kWh vil prisen for en kWh varme være 0,625 kr/kWh, hvilket omtrent svarer til marginalpriseniveauet for fjernvarme. I forhold til jordvarmepumpe og fjernvarme vil kun tiltaget i eksempel 2 være rentabelt.

I eksempel 3 nedenfor er der set på økonomien i installation af et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Eksempel 3: Installation af mekanisk balanceret ventilation med luft til luft varmegenvinding i et eksisterende naturligt ventileret parcelhus med et opvarmet etageareal på 150 m².

Mekanisk balanceret ventilation med luft til luft varmegenvinding, nedsætter ventilationsvarmetabet betydeligt, men der er vigtigt at elforbruget til lufttransporten og infiltrationenstabt via utætheder i klimaskærmen minimeres. Infiltrationen går udenom anlægget, så der varmegenvindes ikke på denne del af luftskiftet, og den regnes typisk oven i den mekaniske ventilation. Fortolkningmæssigt åbner BR mulighed for at reducere luftmængden i ventilationsanlægget med infiltrationen, hvilket vil reducere ventilationstabet, men dette er ikke forudsat i beregningerne.

Der er undersøgt to tilfælde i form af et almindeligt anlæg, hvor elforbrug og klimaskærmens lufttæthed svarer til BR 2010 minimumskrav, og så et state-of-the-art anlæg med maksimal varmegenvinding, minimalt elforbrug samt forbedret tæthed. Beregningerne fremgår nedenfor, hvor der er antaget en energirenoveringsfaktor på 1, svarende til at tiltaget implementeres alene for at spare energi.

Ventilationsparametre	Enhed	Ref.	BR08	Forbedret
Ventilationsform		Naturlig	MEK VGV	MEK VGV
Luftmængde, $q_{n/m}$	l/s/m ²	0,30	0,30	0,30
Infiltration, $q_{i,n}$ ¹⁾	l/s/m ²	-	0,13	0,07
SEL-værdi	kJ/m ³	-	1,0	0,6
Temperaturvirkningsgrad η	-	-	0,80	0,90
Økonomi				
Anlægspris ²⁾	kr/m ²	-	300	400
Levetid ³⁾	År	-	30	30
Mervedligehold, $VO_{\text{årlig}}$ ⁴⁾	kr/m ² /år	-	1,7	1,7
Energibehov, $E_{\text{årlig}}$ ⁵⁾	kWh/m ² /år	33,0	24,7	15,4
Energibesparelse, ΔE_{besp}	kWh/m ² /år	-	8,4	17,6
ESP	kr/kWh	-	1,5	0,8

¹⁾ SBI-anvisning 213: $n = 0,04 + 0,06 \cdot q_{50}$; BR 2010: $q_{50} = 1,5$ l/s/m², Forbedret: $q_{50} = 0,50$ l/s/m²

²⁾ Der er skønnet en anlægspris på 300 kr/m² for BR 2010 minimumskrav og 400 kr/m² for det forbedrede anlæg.

³⁾ Der er antaget en gennemsnitlig levetid på 30 år fordelt på 20 år for aggregat og 40 år for kanalsystem, idet anlægsudgiften antages ligeligt fordelt på aggregat og kanalsystem.

⁴⁾ Der er medregnet merudgifter til vedholdelse på 250 kr. årligt (skift af filtre)

⁵⁾ $E_{\text{årlig}} = 0,34 \cdot 3,6 \cdot 90 \cdot (q \cdot (1-\eta) + n) + SEL \cdot q \cdot 6000 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5$ kWh/m²/år (faktor 2,5 på el). Der er regnet med et gradtimeantal på 90 kWh pr. år og 6000 driftstimer pr. år (anlægget kører ikke i sommerperioden)

Energispareprisen for ventilationsanlæg med energimæssige egenskaber svarende til BR 2010 minimumskrav er ca. 1,5 kr/kWh. For et anlæg med bedre varmegenvinding, bedre lufttæthed af klimaskærmen og et mindre elforbrug, er energispareprisen ca. 0,8 kr/kWh, hvilket svarer omtrent til niveauet for marginalprisen for individuel opvarmning med naturgas/olie.

Det vil for nogle husejere være et lige så vigtigt aspekt, at mekanisk ventilation med varmegenvinding forbedrer komfort og indeklima i form af f.eks. et kontrolleret og konstant luftskifte og mindre trækgener fra friskluftindtag. I dette tilfælde kunne der passende regnes med en energirenoveringsfaktor på 0,5, svarende til energisparepriser på hhv. 0,9 og 0,4 kr/kWh.

1.3 Fjernvarmeforsyning af fremtidens bygningsmasse

Fjernvarme forsyner 60 % af det opvarmede etageareal i Danmark og alle større byområder har fjernvarme. Fjernvarme er et effektivt distributionssystem til varmeforsyning af bygninger i byområderne, der kan kobles sammen med forskellige former for varmeproduktion, herunder vedvarende energi, og f.eks. kan udnytte overskudsvarme fra industri mm.

Fjernvarmens vilkår forringes umiddelbart efterhånden som bygningsmassen lavenergirenoveres eller erstattes af nyt lavenergibyggeri. Udfordringen er at varmeaftaget bliver væsentligt mindre uden at omkostningerne til driften umiddelbart bliver det, herunder varmetabet i ledningsnettet, som forbrugerne fortsat skal betale for.

Fjernevarme vil formentlig også være en attraktiv varmeforsyning i fremtiden, hvis fjernvarmenettene i forbindelse med renovering opgraderes til lavenerginiveau og nye bebyggelser opføres med lavenergifjernvarme. Der er behov for nye optimerede lavenergiløsninger inklusiv forbedringer af fjernvarmeunits mv. hos forbrugerne. Tilslutning af nye forbrugere med deraf følgende højere varmetæthed vil hjælpe på brugerøkonomien.

Lavenergifjernvarme er især lavtemperatur fjernvarme og forudsætter lavtemperaturdrift i brugerinstallationerne. Det betyder at brugsvandsinstallationerne skal forbedres. Der kan dog ske en løbende sænkning af temperaturen på fjernvarmevand fra ca. 85 til 60°C i takt med at bygninger energirenoveres og varmebehovet sænkes, hvilket umiddelbart er muligt på grund af overdimensionerede radiatorer og at den dimensionerende udetemperatur yderst sjældent forekommer. En sænkning til 50°C kunne være en langsigtet målsætning, men det kræver at alle brugerinstallationer forbedres.

Fjernvarmeselskaber kan godskrive energibesparelser i fjernvarmenettene og kan potentielt levere den fremtidige mindre effekt med samme effektivitet på grund af bedre effektivitet på værkerne i form af lavere returtemperatur. Fjernvarmen har en udfordring i fremtiden i forhold til varmekilder, så et mindre varmesalg kan derfor ses som en fordel for branchen.

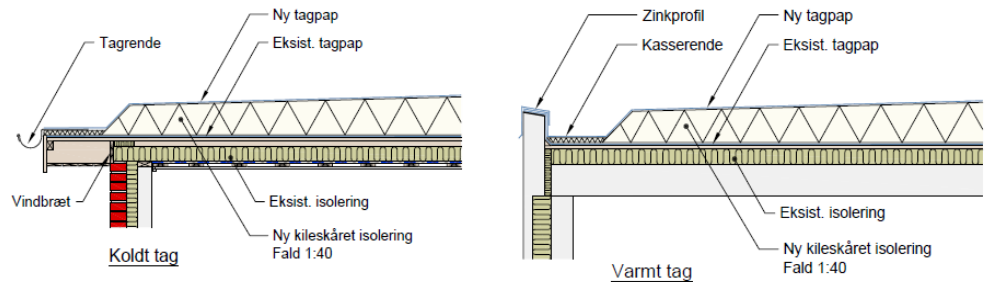
2 Isoleret klimaskærm

2.1 Efterisolering af fladt tag

Generelt

Flade tage er ofte tagpaptage og er karakteriseret ved et tag med ringe fald og uden egentlig tagrum. Flade tage kan ved konvertering til tag med hældning nemt blive efterisoleret til høj standard. De fleste flade tage blev oprindeligt isoleret med beskedne 50-100 mm, og undersøgelser indikerer at isoleringen i ca. 80 % af tagene ikke ligger korrekt. Så i betragtning af at selv små isoleringsfejl, kan betyde en væsentlig forringelse af isoleringsværdien, er eksisterende flade tage altså samlet set generelt dårligt isoleret.

Skitse



Eksempler på udvendigt efterisolerede flade tagkonstruktioner – koldt og varmt tag.

Teknik

Efterisolering af flade tagkonstruktioner kan foretages ved indblæsning af isolering i built-up tage eller udvendigt.

Efterisolering ved indblæsning: Kan udføres via en billig og effektiv metode, hvor man kan nøjes med at afmontere de nederste sternbrædder, hvorefter indblæsningsrør indskydes oven på den eksisterende isolering i hulrummet under taget. Herefter indblæses isoleringsmateriale, som gradvist løfter isoleringsarkene til de rører undersiden af taget. Samtidig danner isoleringsarkene luftkanaler, der sikrer at taget får den ventilation, der kræves. Ved indblæsning af isolering udfyldes samtidig revner og utætheder i den eksisterende isolering, hvorefter man har en samlet effektiv isolering, hvor tykkelsen afhænger af den eksisterende konstruktion. På nogle ejendomme kan sternen ikke afmonteres, så i stedet for kan isoleringen foretages ved at åbne en stribe i taget og derfra isolere til begge sider. Denne metode benyttes mest hvis taget alligevel skal renoveres.

Udvendig efterisolering: Kan anvendes for både kolde og varme tage. Sidstnævnte konstruktion ses typisk anvendt på større bygninger. Kolde tage skal undersøges for råd, svamp og skimmelsvamp, inden der udføres udvendig efterisolering. Derudover skal den eksisterende tagbelægning være helt tør og tæt og uden lunger eller buler. Den nye, udvendige og trædefaste isolering skal kileskæres, så der opnås det lovpligtige og effektive fald på 1:40, hvilket også er med til at give den nye tagpapdækning en lang levetid. Isoleringen udlægges direkte på den eksisterende tagbelægning med en isoleringstykkelse, der som håndregel skal være minimum to gange større end isoleringstykkelsen i det eksisterende tag. Hvis det eksisterende tag er et koldt tag, skal ventilationsspalten mellem isoleringslag og tagbelægning lukkes effektivt for ikke at miste effekten af efterisoleringen. Dette gøres ved at opsætte fugede vindbrædder i forlængelse af ydervæggen og op til tagbelægningens underlag. Hvis det eksisterende tag er vådt (træfugt på over 15-17 %), skal ventilationsspalten forblive åben, indtil konstruktionen er tør, hvilket typisk vil tage helt op til et år. Tagkonstruktionen bør udføres med effektivt afvandingsystem til regnvand med synlige nedløbsrør og tagrender af hensyn til senere inspektion. Udvendig efterisolering af tagkonstruktioner med betondæk (varmt tag), foretages ved først at fjerne den eksisterende isolering, hvorefter der kan etableres en ny højisoleret konstruktion efter samme principper som for kolde tage, eventuelt i form

	af kileskåret isolering, hvis taghældningen ikke er indbygget i betonunderlaget.
Anvendelse	Hovedsageligt ved udskiftning af tagbeklædning, eller ved problemer med vandansamlinger på taget. Tiltaget kan udføres selvstændigt, da dette ofte i sig selv er økonomisk rentabelt.
Barrierer	Umiddelbart ingen væsentlige barrierer end bevaringsværdig i forhold til udvendig efterisolering.
Vurdering	
- Indeklima	Indeklimaet forbedres i kraft af en mere lufttæt tagkonstruktion, forudsat at der sørges for tilstrækkelig ventilering på anden vis. Indeklimaet forbedres idet problemer med skimmel og svamp løses ved korrekt efterisolering.
- Brugerkomfort/-venlighed	Mindre trækgener som følge af lufttæt tag og alt andet lige en mindre risiko for fugtskader.
- Drift og vedligehold	-
- Arkitektur	Sternhøjden øges ved udvendig efterisolering og bør tilpasses husets arkitektur. Der kan evt. udføres en skrå afslutning af efterisoleringlaget, hvilket mindsker den visuelle effekt af den øgede isolering set nedefra.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: U-værdi $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ved udskiftning eller etablering af ny tagdækning samt større ombygninger, såfremt det er rentabelt.
Produkthenvisninger	Isoleringsproducenter og -leverandører: http://www.vif-isolering.dk/
Litteratur	BYG-ERFA erfaringsblad (27) 00 11 29 'Fugtforhold i flade, ventilerede tagkonstruktioner af træ' V&S prisdata 'bygningsskader 2009'
Problemområder	For at undgå fugtophobning i flade uventilerede tagkonstruktioner med diffusionstæt tagbelægning og/eller undertag bør der anvendes en hygrodioder dampspærre eller lignende med drænvirkning samt en diffusionsåben loftbeklædning. Man bør for ventilerede tagkonstruktioner være opmærksom på om mængden af udeluft, som passerer i tagets hulrum, kan fjerne fugt fra de underliggende rum gennem utætheder i dampspærren.
Alternativ løsning	-
Anlægspriser	Indvendig efterisolering: 600-800 kr/m ² ekskl. moms for 100 mm isolering inkl. fjernelse af sternbrætter, indblæsning af isolering samt montering af sternbrætter. Udvendig efterisolering: 850-1050 kr/m ² ekskl. moms for ca. 100 mm isolering inkl. udbedring af eksisterende lunger og buler, etablering af efterisolering, forhøjet stern, tagbelægning samt inddækninger. Isolering udover 100 mm koster ca. 1 kr/m ² pr. mm isolering ekskl. følgeudgifter.
Energibesparelse	Afhænger af isoleringsevnen af den eksisterende tagkonstruktion og efterisoleringstykkelsen. Der forudsættes 100 mm efterisolering med mineraluld: Uisoleret tag ($U_{\text{før}}=1,5$): ca. 110 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}= \text{ca. } 0,30$) Dårligt isoleret tag, 50 mm isolering ($U_{\text{før}}=0,7$): ca. 40 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}=0,26$)

Økonomi

Teknisk levetid: 40 år.

Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Omtrent uændret

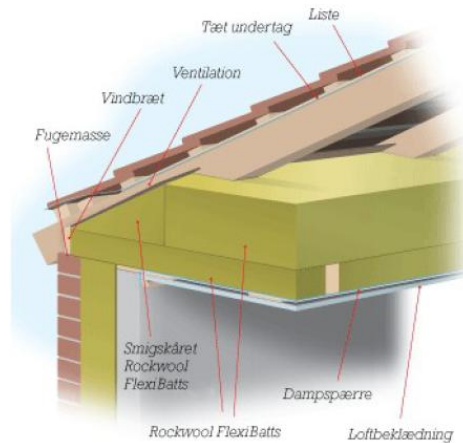
Beregningseksempel: Et ældre eksisterende let isoleret fladt tag efterisoleres udvendigt til U-værdi på $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Efterisoleringen antages at kunne udføres for ca. 1500 kr/m^2 . Under forudsætning af at 50 % af udgiften kan henføres til renovering og 50 % til energitiltag, kan beregnes en energisparepris på ca. $0,3 \text{ kr/kWh}$.

2.2 Efterisolering af loft med gitterspær

Generelt

Loft med gitterspær har uudnytteligt tagrum. Taghældningen er på mellem 15 og 40°. Efterisolering er relativt ukompliceret foretages ved at tilføje isolering i tagrummet. Det kan være udfordrende at etablere en god isolering ved tagfoden, men er muligt i forbindelse med udskiftning af tagdækningen

Skitse



Eksempel på efterisolering af loft med gitterspær

Teknik

Før efterisolering undersøges det om dampspærren er defekt eller mangler. I så fald bør der monteres en ny, tæt dampspærre. Afhængigt af forholdene kan dampspærren monteres over eller under den eksisterende loftbeklædning. Den bedste tæthed opnås ved at montere dampspærren under den eksisterende loftbeklædning og opsætte ny loftbeklædning. Dampspærren tapes i samlingerne, mens den mod ydervæg og skillevægge klemmes bag en skyggeliste med fugebånd eller fugemasse for at opnå optimal tæthed. For at kunne montere dampspærren over loftbeklædningen, skal eksisterende isolering fjernes. Dampspærren monteres mellem spær og føres 50 mm op af spærsider og murrem, hvor den tapes fast eller klemmes bag liste med fugebånd eller fugemasse, så der opnås en lufttæt samling.

Efterisoleringen foretages ved at den eksisterende isolering udbedres for huller, så den har samme højde som spærfoden. Dette gøres nemmest ved brug af isoleringsgranulat. Derefter efterisoleres der henover isolering og spærfødder. Er den eksisterende isoleringstykkelse væsentligt mindre end spærfodsdimensionen, eller er den eksisterende isolering ødelagt eller mangelfuld, bør denne fjernes helt og erstattes af ny forbedret isolering. I tilfælde hvor tagrummet er svært tilgængeligt, er det relevant at anvende indblæsning af isoleringsgranulat.

Anvendelse

Især relevant i forbindelse med udskiftning af tagbeklædning eller loftbeklædning. Tiltaget kan udføres selvstændigt med god økonomi.

Barrierer

Huse med lille taghældning og rumhøjde.

Vurdering

- Indeklima

Indeklimaet forbedres i kraft af en mere lufttæt tagkonstruktion, forudsat at der sørges for tilstrækkelig ventilering på anden vis. Indeklimaet forbedres idet problemer med skimmel og svamp løses ved korrekt efterisolering.

- Brugerkomfort/-venlighed

Tiltaget påvirker pladsforholdene i tagrummet og muligheder for at bruge det til f.eks. opbevaring. Der kan evt. etableres en ny gangbro i forbindelse med efterisolering.

- Drift og vedligehold

-

- Arkitektur

Uændret.

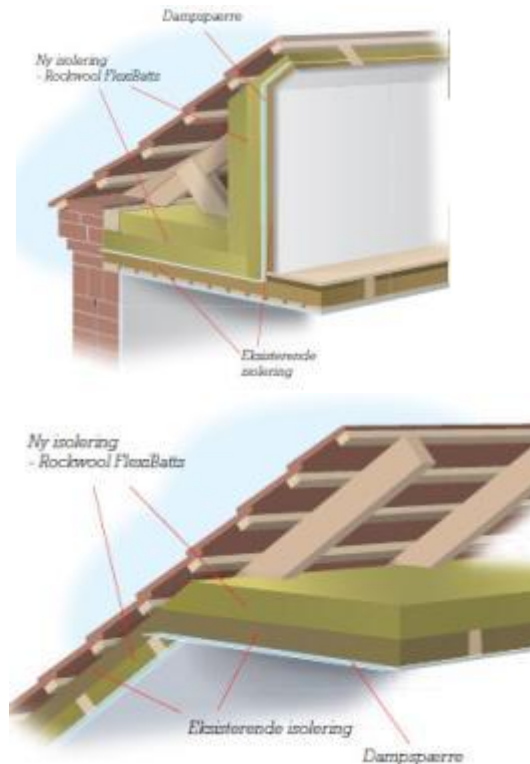
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: $U\text{-værdi} \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ved udskiftning eller etablering af ny tagdækning samt større ombygninger, såfremt det er rentabelt.
Produkthenvisninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/
Litteratur	BYG-ERFA erfaringsblad (27)081230: Ventilation af tagkonstruktioner – tagrum, hanebåndslofter, skunkrum og paralleltage V&S prisdata 'bygningsskader 2009'
Problemområder	Der skal sikres en velfungerende dampspærre, da tiltagets energimæssige kvalitet ellers forringes.
Alternativ løsning	Anvendelse af evt. vakuum isolering ved efterisolering under loft.
Anlægspriser	Efterisolering i tilgængeligt tagrum: 100-150 kr/m ² ekskl. moms for 100 mm mineraluld, ekskl. dampspærre og udskiftning af loftbeklædning. Efterisolering af gangbro med 100 mm trædefast mineraluld og ny gangbro: 300-350 kr/m ² . Efterisolering i utilgængeligt tagrum: 150-250 kr/m ² ekskl. moms for 100 mm granulat af mineraluld, ekskl. dampspærre og udskiftning af loftbeklædning. Isolering udover 100 mm isolering koster ca. 1 kr/m ² pr mm.
Energibesparelse	Afhænger af isoleringsevnen af den eksisterende tagkonstruktion. Efterisolering med 100 mm mineraluld. Dårligt isoleret tagkonstruktion med ca. 20 mm isoleringsmåtter ($U_{\text{før}}=0,85$): ca. 50 kWh/m ² /år ved isolering med 100 mm mineraluld ($U_{\text{efter}}=0,27$) ca. 70 kWh/m ² /år ved efterisolering med 350 mm mineraluld ($U_{\text{efter}}=0,10$) Let isoleret tagkonstruktion med 100 mm isolering ($U_{\text{før}}=0,36$) ca. 15 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}=0,19$) ca. 23 kWh/m ² /år ved efterisolering med 300 mm mineraluld ($U_{\text{efter}}=0,10$)
Økonomi	Teknisk levetid: 40 år. Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Omtrent uændret Hvis der ikke allerede er efterisoleret til højisoleret konstruktion, kan tiltaget typiske gennemføres for relativt beskedne anlægsudgifter og med betydelig energibesparelse.

2.3 Efterisolering af tagrum med hanebåndsspær

Generelt

Tagrum med hanebåndsspær har udnytteligt tagrum og kan efterisoleres på skunkgulv og skunkvæg, skråvæg og hanebåndsløft. Hvis der er åbent tagrum med synlige hanebånd, placeres isoleringsmaterialet mellem spærerne til kip. Der kan også forekomme variant af disse to typer med f.eks. varm skunk, hvor skråvægsisoleringen føres til tagfod. Skråvæggene kan isoleres svarende til hvad der er plads til i forhold til tagdækningen og behovet for en ventilationsspalte, alternativt kan der merisoleres ved at øge spærhøjden.

Skitse



Eksempel på efterisolering af tagrum med hanebåndsspær.

Teknik

Efterisoleringen kan foretages på følgende vis:

Isolering af skunkrum: Isolering af lodret skunkvæg kan udføres med isoleringsbatts i et eller to lag med forskudte samlinger, fastholdt med ståltråd eller forskallingsbrædder. En anden metode til efterisolering af skunkrum, er at konvertere den eksisterende skunk til varm skunk. Dette gøres nemmest i forbindelse med udskiftning af tagbelægningen, idet hele skråvæggen efterisoleres som beskrevet under isolering af skråvægge. Eventuelle gulvbrædder i skunkrummet kan fjernes, så isolering kan føres ned mellem bjælkerne i etageadskillelsen, eller isoleringsgranulat kan indblæses under gulvet. Det er vigtigt at dampspærren fra tagfladen fortsættes ubrudt via skråvæg til skunkvæg og til bunden af skunken og vandret ud til tagfod eller ydermur. Det anbefales at placere dampspærren så isoleringstykkelsen på den kolde side af dampspærren udgør min. 2/3 af den samlede isoleringstykkelse. Hvis det er muligt, bør der etableres en vindtæt afdækning i bjælkelaget ved tagfod og under skunkvæg.

Isolering af skråvægge: Isoleringen kan foretages udefra ved at fjerne eksisterende tagbeklædning, lægter og isolering. Spærhøjden kan øges via en påføring på spærernes overside, så isoleringstykkelsen kan øges. Mod den indvendige beklædning monteres en tæt dampspærre. Der bør etableres undertag i forbindelse med den nye tagbeklædning. Efterisolering kan alternativt foretages indefra i form af f.eks. en isoleret træskeletkonstruktion. Som ved udvendig

efterisolering kan isoleringstykkelse øges via en påføring på spærenes underside. Der gælder samme regler for placering af dampspærre som for udvendig efterisolering. Hvis dampspærren alternativt placeres umiddelbart bag den indvendige beklædning opnås ikke en optimal tæthed, hvilket forringer tiltagets kvalitet. Det er vigtigt, at en eventuel eksisterende dampspærre perforeres eller fjernes.

Isolering af hanebånd: Efterisolering af hanebånd kan relativt nemt foretages udvendigt (oppefra), forudsat at eksisterende dampspærre er intakt og funktionel. Eventuel eksisterende isolering fjernes inden der mellem hanebåndene efterisoleres med typisk 100 mm mineraluld, hvorefter der kan efterisoleres yderligere. Det er vigtigt med en god forbindelse til skråvæg isoleringen.

Anvendelse	Ofte i forbindelse med udskiftning af tagbeklædningen, men kan også med god økonomi udføres selvstændigt alene for at spare energi.
Barrierer	Svært tilgængelige skunkrum, skråvægge og hanebånd
Vurdering	
- Indeklima	Bedre indeklima er væsentligt relateret til forbedring af varmeisolering og lufttæthed.
- Brugerkomfort/-venlighed	Minimering af træk.
- Drift og vedligehold	-
- Arkitektur	Arkitekturen påvirkes ved vidtgående efterisolering med hævnning af tag
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: U -værdi $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ved udskiftning eller etablering af ny tagdækning samt større ombygninger, såfremt det er rentabelt.
Produkt-henvisninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/
Litteratur	BYG-ERFA erfaringsblad (27)081230: Ventilation af tagkonstruktioner – tagrum, hanebåndslofter, skunkrum og paralleltage
Problemområder	Et problemområde er sprærpåforingsløsninger for større efterisoleringstykkelser. Sådanne løsninger er i dag ikke en standard løsning. Et andet område er arkitektoniske løsninger til typiske murermeisterhuse uden udhæng, hvor taget hæves.
Alternativ løsning	-
Anlægspriser	Lofter: 95 mm: 125 kr/m ² , 195 mm: 250 kr/m ² Skråvægge: 70 mm: 150 kr/m ² Skunkrum: 95 mm: 150 kr/m ² , 145 mm: 220 kr/m ²
Energibesparelse	Afhænger af isoleringsniveauet for den eksisterende konstruktion. Efterisolering med 95 mm Uisoleret tagrum ($U_{\text{før}}=1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$): ca. 140 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}=0,32 \text{ kWh/m}^2$) Ca. 160 kWh/m ² /år ved efterisolering med 400 mm ($U_{\text{efter}}=0,11 \text{ kWh/m}^2$) Let isoleret tagrum ($U_{\text{før}}=0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$): 20 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}=0,2 \text{ kWh/m}^2$) 30 kWh/m ² /år ved efterisolering med 300 mm ($U_{\text{efter}}=0,09 \text{ kWh/m}^2$).
Økonomi	Teknisk levetid: 40 år. Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Omtrent uændret

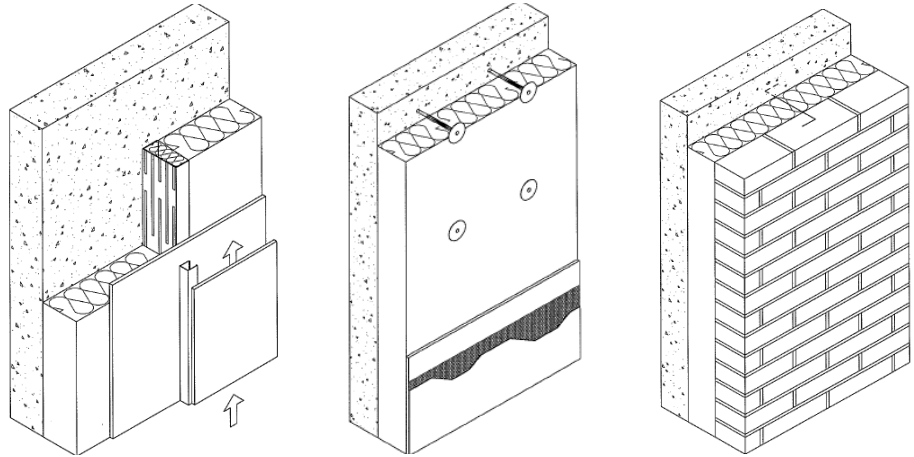
Hvis der ikke allerede er efterisoleret til højisoleret konstruktion, kan efterisolering af tagrum med hanebåndsspær typiske gennemføres for relativt beskedne anlægsudgifter og med betydelig energibesparelse.

2.4 Udvendig efterisolering af ydervægge

Generelt

Udvendig efterisolering af ydervægge udføres for at opnå energibesparelser, sundere indeklima samt forlængelse af bygningens levetid. Bygningens ydre fremtræden ændres, hvilket kan være en arkitektonisk fordel ved ikke-bevaringsværdige facader.

Skitse



Typiske systemer til udvendig efterisolering i form af skeletkonstruktion med pladebeklædning, isolering med pudsløsning og isolering med skalmur.



Eksempel på en facaderenoveret teglstensboligkarré med pudsløsning

Teknik

Udvendig efterisolering af ydervægge kan opdeles i følgende tre hovedgrupper af efterisoleringssystemer:

Isolering med ventileret luftspalte og pladebeklædning: På den eksisterende konstruktion fastgøres et profilsystem af typisk træ eller stål, som underlag for en vindtæt pladebeklædning, samt fastholdelse af den ønskede isoleringsmængde. For sikring af en ventileret luftspalte, er der til vindskærmen fastgjort afstandslister, hvorpå regnskærmen etableres. Der findes systemer som ikke anvender profilsystemer, men hvor isoleringen fastholdes direkte mod den eksisterende konstruktion, som det også er tilfældet med systemer uden luftspalte. I stedet for afstandslister anvender disse systemer typisk underlagsbrædder uden på isoleringslaget.

Isolering med pudsløsning: Isoleringen fastgøres direkte til den eksisterende konstruktion enten med dybler eller med klæbemørtel. Overfladebelægningen fastgøres direkte mod isoleringslaget, altså uden ventilationsspalte, og fungerer således både som vind- og regnskærm. Overfladebelægningen består oftest af puds, hvor der først påføres et lag underpuds, hvor et tyndt facade-net glittes ind i. Derefter påføres det endelige pudslag som alt efter ønske, kan have en bestemt struktur, farve osv.

Isolering med skalmur: Efterisoleringssystemer med skalmur giver mulighed for

opbygning af en ny skalmur uden på den eksisterende konstruktion, hvor efterisoleringen placeres mellem den eksisterende konstruktion og skalmuren. Skalmuren fastholdes til den eksisterende konstruktion via murbindere. Skalmuren kræver et fundament eller anden form for bæring.

Generelt bør udvendig facadeisolering suppleres af udvendig efterisolering af fundament eller kælder. I forbindelse med terrændæk, vil det typisk være fornuftigt at gå minimum 45 cm ned i jorden.

Anvendelse	Tiltaget er relevant i situationer, hvor der er problemer med dårligt isolerede mure, kolde flader, utæt murværk (nedbrudte fuger), fugt og skimmelvækst o. lign. Udvendig isolering er ca. 30 % mere energieffektiv end tilsvarende indvendig efterisolering. Konstruktioner med ventileret luftspalte bag regnskærmen anbefales især til bygninger, der er placeret på steder med hårde klimapåvirkninger, f.eks. høje bygninger placeret tæt på havet.
Barrierer	Stor bevaringsværdi, fredning samt lokale restriktioner på facadens arkitektoniske udtryk kan være til hindring for udførelse af tiltaget.
Vurdering	Udvendig facadeisolering med ny regnskærm kan give bygninger et moderne udseende med signalværdi og et sundt og godt indeklima samt lavt energiforbrug.
- Indeklima	Indeklimaet forbedres da kuldebroer elimineres og fugtproblemer forebygges. Den termiske masse bibeholdes aktiv, hvilket især begrænser timer med overtemperatur.
- Brugerkomfort/-venlighed	Brugeren får en varm og tør/fugtstabil ydervæg med mindre støj udefra og bedre indretningsmuligheder, f.eks. placering af skabe og andre genstande tæt op ad væggen uden risiko for skimmelvækst
- Drift og vedligehold	Afhænger af hvilken renoveringsløsning der vælges. Skalmursløsningen kræver mindst vedligeholdelse, idet fugerne blot skal udskiftes en til to gange i murværkets levetid, mens pudsløsningen har en begrænset levetid på 5-10 år. Holdbarheden af den ventilerede løsning med pladebeklædning afhænger meget af beklædningens kvalitet – en skærmtegl er f.eks. en dyr løsning, men har stor holdbarhed.
- Arkitektur	Tiltaget ændrer bygningens ydre fremtræden, hvilket kan være positivt ift. nedslidte ældre bygninger, som får et nyt og moderne udtryk. Det kan være nødvendigt at lave nye inddækninger ved taget og at flytte vinduer ud i facaden af hensyn til arkitekturen.
Energiforsyningsnet	Tiltaget reducerer varmetabet betydeligt og må betragtes som et basalt tiltag, som grundlag for en energieffektiv varmforsyning af bygningen.
Myndighedskrav	BR 2010: U-værdi $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ved udskiftning af ydervæggens regnskærm samt større ombygninger (undtagen enfamiliehuse), såfremt det er rentabelt.
Produkthenvisninger	Facadeisoleringproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/ facadesystemer.
Litteratur	BYG-ERFA erfaringsblad (41) 99 12 20 'Udvendig facadeisolering med puds på mineraluld'. BYG-ERFA erfaringsblad (99) 08 12 28 'Energi- og indeklimaforbedringer – ældre etageboliger'. BYG-ERFA erfaringsblad (31) 04 07 29 'Indvendig efterisolering – ældre ydermure over terræn'. By- og boligministeriet, 'Efterisolering', Projekt renovering – projekt nr.107, august 1999. SBI-anvisning 221 'Efterisolering af etageboliger', Statens byggeforskningsinstitut 2008. V&S prisdata 'bygningsskader 2009'

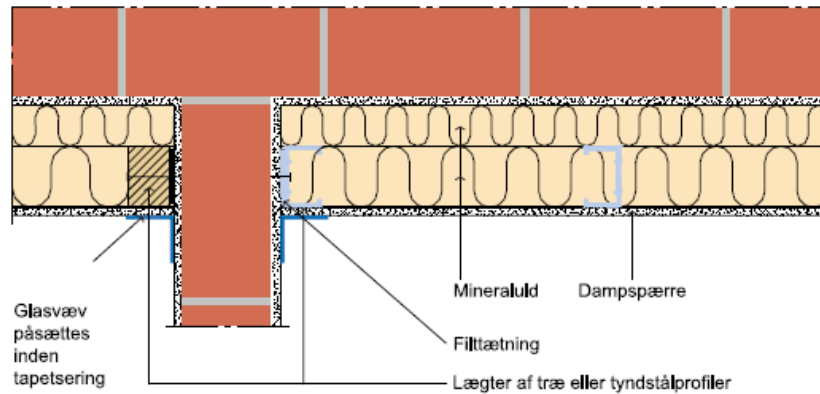
Problemområder	Især arkitektoniske forhold.
Alternativ løsning	Indvendig efterisolering. Hulfursisolering kan ikke betragtes som en alternativ løsning, da den ikke tilnærmelsesvis har samme effekt på indeklima og energibesparelse som udvendig og indvendig efterisolering.
Anlægspriser	Typiske 1700-2300 kr/m ² for 100 mm isolering med pudsløsning 100 mm isolering svarer til normal praksis til løsning af indeklimaproblemer. Pris for isolering udover de 100 mm (inkl. følgeudgifter) vurderes at ligge i størrelsesordenen 6-7 kr/m ² pr. mm.
Energibesparelse	Afhænger af isoleringsevnen af den eksisterende ydervægskonstruktion. 100 mm efterisolering. Hulmur med 75 mm isolering ($U_{\text{før}}=0,5$): 27 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}=0,2$) 34 kWh/m ² /år ved efterisolering med 250 mm ($U_{\text{efter}}=0,12$ kWh/m ²) Massiv mur eller uisoleret hulmur ($U_{\text{før}}=1,5$ W/m ² K): ca. 105 kWh/m ² /år ($U_{\text{efter}}=0,3$) Ca. 120 kWh/m ² /år med en efterisolering på 250 mm ($U_{\text{efter}}=0,15$ kWh/m ²).
Økonomi	Teknisk levetid: 40 år Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Eventuelle merudgifter afhænger af den eksisterende konstruktion. Eksempel: Efterisolering af en massiv teglstensmur med 250 mm frem for 100 mm mineraluld koster ca. 1.000 kr/m ² ekstra og giver en ekstra energibesparelse på ca. 15 kWh/m ² /år. Antages en levetid på 80 år kan der beregnes en energisparepris på 0,8 kr/kWh.

2.5 Indvendig efterisolering af ydervægge

Generelt

Indvendig efterisolering af ydervægge udføres typiske for at opnå energibesparelser samt sundere indeklima. Indvendig efterisolering er fugtteknisk problematisk og eliminerer ikke alle kuldebroer (men efterlader til gengæld betydelige kuldebroer som skillevægge og etageadskillelser), så tiltaget bør kun anvendes varsomt og i de tilfælde, hvor det ikke er muligt at udføre udvendig facadeisolering på grund af arkitektoniske forhold mv.

Skitse



Eksempel på indvendig efterisolering. Den indvendige skillevæg udgør efterfølgende en betydelig kuldebro.

Teknik

Der findes forskellige metoder til indvendig efterisolering af ydervægge:

- Træ- eller stålskeletvæg opbygget på stedet
- Montering af præfabrikerede elementer
- Isoleringsplader fuldklæbet til oprindelig mur, som f.eks. skumplastisolering eller kalciumsilikatplade med diffusionsåben overfladebehandling (uden dampspærre og pladebeklædning)

Det er kun de to førstnævnte metoder der beskrives i det følgende.

Der gælder generelt at den eksisterende væg skal rengøres for tapet og maling, hvor formålet er at fjerne organisk materiale samt lag, der er så tætte overfor vanddampdiffusion, at der opstår risiko for kondens, og dermed skimmelvækst. Denne afrensningsproces er meget arbejdskrævende, men gøres det ikke ordentligt kan det få alvorlige konsekvenser i form af skader osv. i væggen levetid. Samtidig er det vigtigt at den eksisterende mur ikke er opfugtet, så frostskaeder, efter tiltaget er udført, undgås. Elinstallationer mv. kan med fordel placeres i et panel udenpå den nye væg - bl.a. af hensyn til sikring af en lufttæt konstruktion.

Forsatsvæg opbygget på stedet: Opbygges som skeletkonstruktion af enten træ- eller tyndstålprofiler med isolering imellem skeletdelene. Uden på skelettet monteres en lufttæt dampspærre inden vægbeklædning monteres. Hvis der vælges et stålskelet bør stålskelettet ikke have kontakt til den eksisterende mur, da det vil forårsage forøget varmetab samt iøjnefaldende sorte striber (støvfigurer) på den nye vægs overflade imod rummet. Derfor bør skeletkonstruktionen friholdes fra ydervæggen. Vælges der derimod et træskelet fastskruet til den eksisterende væg må kuldebroer accepteres, selvom der også vil forekomme en betydelig øget risiko for støvfigurer. Problemet kan dog reduceres en smule ved at anvende plastklodser som mellemlag ved punktfastholdelserne af lægterne. Ved træskelet er det yderst vigtigt at der ud for træstolperne opsættes tagpap mod den eksisterende mur, således at fugtindtrængning fra ydervæggen undgås.

Forsatsvæg af præfabrikerede isoleringselementer: Præfabrikerede isoleringselementer består af isolering, dampspærre og f.eks. gipspladebeklædning. For minimering af kuldebroer anvendes ofte isoleringsstolper til samling af elementerne samt fastgørelse til den eksisterende konstruktion. Isoleringsstolperne er fremstillet af samme isoleringsmateriale som elementerne med typisk et profil af stål på indersiden hvor igennem fastgørelsen foretages.

Indvendig isolering er i forhold til udvendig isolering mindre energieffektiv, da indvendig efterisolering ”efterlader” en række betydelige kuldebroer, f.eks. ved vinduesfåse, skillevægge og etageadskillelser.

Anvendelse	Relevant for bygninger med bevaringsværdige facader, f.eks. ældre etageboliger.
Barrierer	Fugtteknisk risikabelt tiltag, der mindsker det indvendige brugsareal. Det vil oftest være nødvendigt at flytte stuk, radiatorer samt el-installationer.
Vurdering	BYG-ERFA anbefaler så vidt muligt udvendig isolering. Indvendig efterisolering af ældre ydermure indebærer stor risiko for fugtproblemer, fx skimmelvækst på den ”gamle“ indvendige vægoverflade. Hvis der anvendes isolering indvendigt, skal en række krav til den eksisterende mur være opfyldt og såvel projektering som arbejdsudførelse skal være fugtteknisk korrekt og udført meget omhyggeligt af professionelle.
- Indeklima	Tiltaget hæver den indvendige overfladetemperatur og forbedre dermed indeklimaet. I huse med terrændæk bliver hjørnet mellem betonen i terrændækket og den oprindelige væg betydeligt koldere, så for at undgå fugt- og indeklimaproblemer bør der efterisoleres udvendigt på fundamentet.
- Brugerkomfort/-venlighed	Det indvendige areal reduceres, men kompenseres til dels af de varme overflader, som betyder at møblement mv. efterfølgende i højere grad kan placeres tæt op ad ydervæggen. Brugervenligheden vil være nedsat hvis ikke den nye væg dimensioneres til de belastninger brugeren kan finde på at udsætte den for i form af f.eks. tunge reolsystemer
- Drift og vedligehold	Relaterer sig primært til væggen pladebeklædning og langtidssikring af tæt dampspærre
- Arkitektur	Bygningens udseende ændres ikke, men lysindfaldet påvirkes.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: U-værdi $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ved udskiftning af ydervæggens regnskærm samt større ombygninger, såfremt det er rentabelt.
Produkthenvísninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/ Diverse producenter af præfabrikerede isoleringselementer
Litteratur	BYG-ERFA erfaringsblad (31) 09 10 29 ”Indvendig isolering af ældre ydermure”. Efterisoleringsskatalog. Projekt Renovering. Projekt nr. 107. By- og Boligministeriet 1999: www.byg.dtu.dk/Forskning/hentned/IBE.aspx (R-021) V&S prisdata ’bygningsskader 2009’
Problemområder	Udførelse af tæt dampspærre (undgå opfugtning og skimmelvækst og svamp). Risiko for nedbrydning af træbjælkeender i ældre murede bygninger (-1930), hvor enderne hviler af i murværket, pga. lavere temperatur og øget fugtindhold.
Alternative løsninger	Anvendelse af bedre isolerende kompaktisoleringmaterialer (f.eks. vakuum

isolering), og måske mest realistisk i kombination med traditionelle isoleringsmaterialer, hvor det f.eks. vil være relevant at anvende kompaktisoleringen på begrænsede arealer som f.eks. vinduesfåse.

Anlægspriser

En på stedet opbygget træskeletkonstruktion med 100 mm isolering og beklædning af gips koster ca. 800-1000 kr/m². Stålskelet er lidt dyrere.

Præfabrikerede isoleringselementer med 50 mm mineraluld: ca. 700 kr/m².

Energibesparelse

Afhænger af isoleringsevnen af den eksisterende ydervægskonstruktion. 100 mm efterisolering.

Hulmur med 75 mm isol. ($U_{\text{før}}=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$): ca. 20 kWh/m²/år ($U_{\text{efter}}=0,3$).

Massiv/uisoleret mur ($U_{\text{før}}=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$): ca. 70 kWh/m²/år ($U_{\text{efter}}=0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)

U-værdier ”efter” er inkl. korrektion for kuldebroer.

Økonomi

Teknisk levetid: 40 år.

Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Eventuelle merudgifter afhænger af den eksisterende konstruktion.

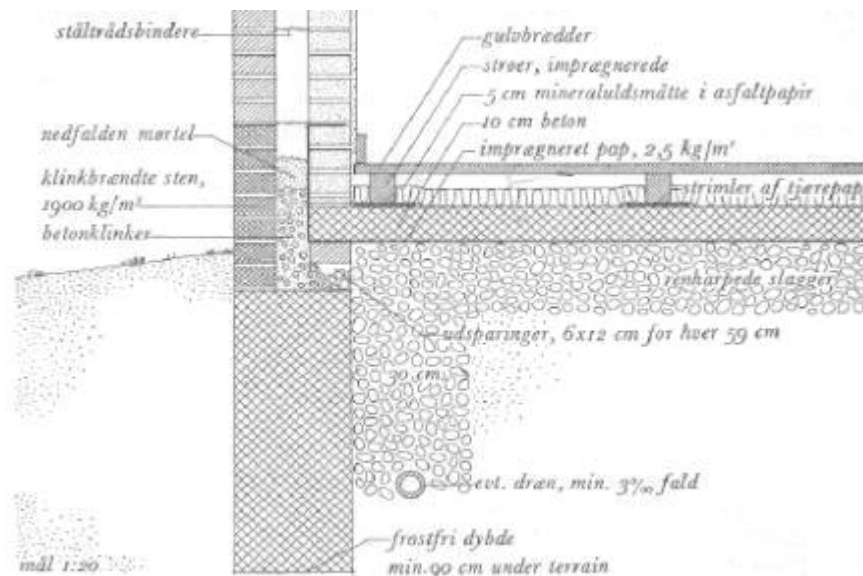
Den simple energisparepris for ved isolering med 100 mm isolering i træskeletkonstruktion (der tillægges 50 % på prisen ovenfor for tilslutninger mv.), kan der beregnes en energisparepris på ca. 0,5 kr/kWh.

2.6 Efterisolering af terrændæk

Generelt

Efterisolering af terrændæk kan udover energibesparelsen også medvirke til en bedre termisk komfort/mindre fodkulde. Der kan derfor være god grund til at efterisolere, selvom energibesparelsen måske er relativt beskednen. Ældre bygninger er traditionelt opført med strøgulv, som reducerer fodkulde problemet. Der kan være isoleret under strøgulvet, typisk med 50 mm. I særligt gamle huse kan gulvbjælkerne være opklodset på klinker eller mursten, som er udlagt på et afrettet sandlag.

Skitse



Eksempel på eksisterende terrændæk med strøgulv, 50 mm isolering over betonpladen og slagger under gulvbetonpladen (vedr. slagger: se under problemområder).

Teknik

Terrændæk kan efterisoleres ud fra en af følgende metoder:

Efterisolering oppefra: Efterisolering mellem strøer eller konvertering til nyt svømmende gulv, som ofte medvirker til at reducere kuldebroen langs kanten af dækket. Omfatter at gulvet tages op, og er derfor mest aktuel, hvis der er behov for gulvrenovering. I strøgulve kan der udlægges isolering i hulrummet eller den eksisterende isolering kan udskiftes med bedre isolering. Hvis rumhøjde og placering af dørhuller mv. tillader det, kan gulvniveauet flyttes op og isoleringen øges. Dette gælder også i forbindelse med svømmende gulve og etablering af trædefast isolering og nyt gulv. Det er erfaringsmæssigt fugtmæssigt tilladeligt at udlægge 50 mm isolering over betonpladen, når der ikke er isolering under betonpladen og uanset hvordan fundamentet/sokkel er udført. Er der isolering under betonpladen, kan isoleringstykkelsen på oversiden øges tilsvarende. Det forudsætter dog at kuldebroen langs fundamentet er beskednen. I praksis vil det ved efterisolering normalt være forsvarligt ved beregning at undersøge, om temperaturen nær fundamentet er mindst 12°C ved 20°C inde og 0°C ude. Er gulvet taget op, bør terrændækket radonsikres ved udlægning af membran på betonpladen, som klæbes til eller klemmes mod både ind- og udvendige vægge. Den vil samtidig virke som fugtspærre. Badeværelsesgulve der støder op til en ydervæg vil ofte være meget fodkolde og forårsage stort varmetab, da kanten af betonpladen via soklen og/eller massiv mur har forbindelse til det fri. Hvis der er strøgulve i de øvrige rum og badeværelsesgulvet ligger lavere end trægulvene kan gulvniveauet hæves i forbindelse med renovering. Hvis man samtidig fjerner slidlag og belægninger, kan der blive plads til lidt isolering, en ny betonplade med kantisolering.

Efterisolering nedefra: Fjernelse af betonpladen og udgravning til nyt

konstruktion, hvorved betonpladen ikke utilsigtet vil virke som dampspærre på den kolde side.

Det er muligt at øge isoleringstykkelsen betydeligt ved ophugning af terrændækkets betonplade og udgravning til helt ny gulvkonstruktion, der opbygges som ved nybyggeri. Tiltaget er mest aktuelt, hvis der er behov for gennemgribende gulvrenovering, hvilket typisk kan komme på tale som en konsekvens af vandskade forårsaget af sprængte/gennemtærede vand- eller varmerør indstøbt i terrændækket. Efterisoleringen er begrænset af hvorvidt de indvendige vægge står på punktfundamenter, randfundamenter eller er placeret direkte på terrændækket. Som udgangspunkt bør indervægge og deres fundamenter fjernes, så der kan laves en effektiv isolering af terrændækket med nye kuldebroafbrudte indervæggsfundamenter. Dette kan kombineres med et ønske om anden ruminddeling.

Anvendelse	Tiltaget er mest aktuelt i forbindelse med behov for gennemgribende renovering, f.eks. ønske om nyt gulv og ved vandskade.
Barrierer	Dyrt tiltag med beskeden energibesparelse, fugttekniske forhold, rumhøjde, placering af dørhuller mv.
Vurdering	
- Indeklima	Tiltaget kan medvirke til væsentligt øget termisk komfort (mindre fodkulde) og mere fugtsikker konstruktion, som - helst i kombination med en god sokkel og ydervægsisolering - kan forhindre skimmelsvampevækst og medvirke til et bedre indeklima. Bedre indeklima via radonsikring (udlægning af membran på betonpladen)
- Brugerkomfort/-venlighed	Væsentligt bedre komfort i form af varmere gulvoverflade.
- Drift og vedligehold	-
- Arkitektur	Påvirkes hvis gulvniveauet hæves, som følge af gulvrenovering/efterisolering.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: U-værdi $\leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, såfremt det er rentabelt.
Produkt-henvisninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/ Barsmark A/S: www.barsmark.com (dansk forhandler af Vacupor vakuum isolering)
Litteratur	Efterisolering af etageboliger: SBI-anvisning 221, 1. Udgave, 2008. SB-AAU Håndbog om efterisoleringssystemer: Rapport IBE-DTU, R-037, 1999 BYG-ERFA blad 97 04 24 'Varmetab fra og fugtskader i ældre huse med terrændæk' BYG-ERFA blad 98 09 24 'Terrændæk med trægulve på strøer og varmerør' V&S prisdata 'Bygnings-skader 2009'
Problemområder	Der mangler praktisk erfaring med den vidtgående løsning, hvor betonpladen fjernes og der udgraves til ny dækkonstruktion. Der er behov for udvikling af rationelle udførelsesmetoder, der inkluderer en termisk adskillelse fra fundament og ydervæg især ved gulvvarme. Parcelhuse bygget i 1960'erne kan have et terrændæk med et lag af 10-30 cm slagge, som var et affaldsprodukt fra kraftvarmeværker, og det blev brugt som opfyldningsmateriale, fordi man mente, at det var kapillærbrydende, dvs. at det havde en bremsende effekt på fugten fra jorden. I dag ved man, at det ikke helt er tilfældet. Faktisk kan slagge have præcis den modsatte egenskab, nemlig at suge fugt for herefter at udvide sig så meget, at gulve, især i store rum, kan bule op. I særlig grelle tilfælde kan fugtige slagge få husets

ydervægge til at give sig og revne. Disse slagge bør naturligvis fjernes i forbindelse med en omfattende reovering og isolering nedefra.

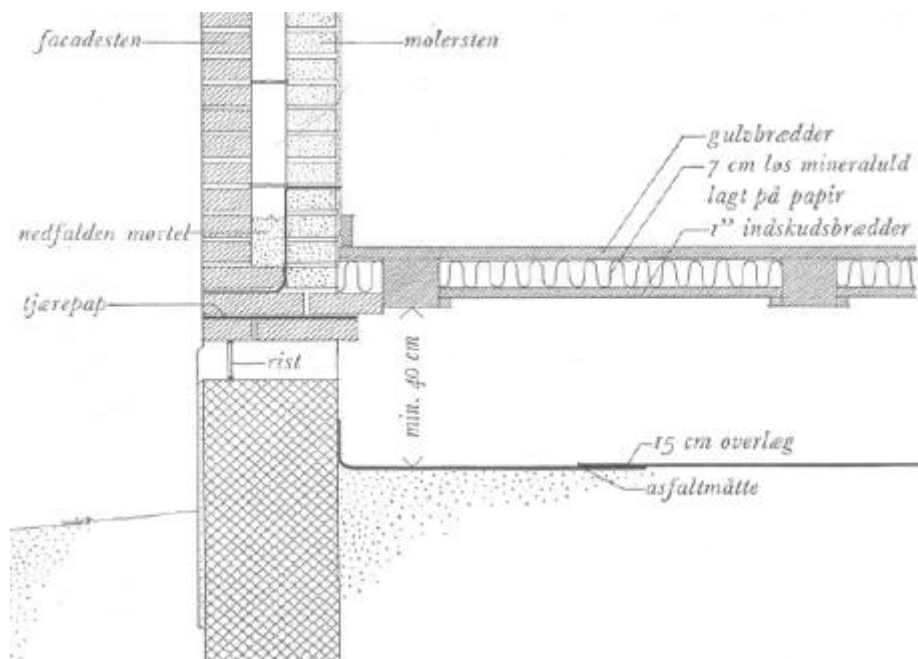
Alternative løsninger	Kompaktisolering (f.eks. vakuum isolering) til indvendig efterisolering, da gulv byggehøjden vil kunne holdes under 10 cm, forudsat en tilstrækkelig rumhøjde.
Anlægspriser	Det koster typisk 750 – 900 kr/m ² at efterisolere med 45 mm mellem eksisterende strøer inkl. fjernelse af evt. indskudsler og behandling af ny gulvbelægning. Udføres tiltaget i kombination med udskiftning af eksisterende gulvbelægning er merudgiften til isoleringen ca. 80-100 kr/m ² .
Energibesparelse	Jordisolansen og den mindre temperaturforskel over terrændækket (uden gulvvarme) betyder at der generelt er mindre potentiale for energibesparelser ved isoleringsforbedringer af terrændæk sammenlignet med andre bygningsdele. En efterisolering af et terrændæk med 2-3 cm isolering under betonpladen, som beskrevet ovenfor, giver en energibesparelse på ca. 10 kWh.
Økonomi	<p>Teknisk levetid: 40 år.</p> <p>Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Eventuelle merudgifter afhænger af den eksisterende konstruktion.</p> <p>Økonomien i efterisolering af terrændæk afhænger meget af hvad der alligevel skal udføres som en del af en given reovering. Det er generelt økonomisk fordelagtigt at efterisolere så vidt muligt til nybyg eller lavenerginiveau i forbindelse med reovering. Den simple energisparepris for eksemplet med efterisolering af et strøgulv, hvor gulvbelægningen alligevel skal skiftes, er 0,23 kr/kWh.</p>

2.7 Efterisolering af krybekældre

Generelt

Krybekældre var tidligere en normal byggemåde, som ikke medførte fugtproblemer, og blev betragtet som en fordel, fordi husets installationer kunne fremføres, tilses og vedligeholdes. Bygninger med krybekældre blev hævet over jorden, hvorved utilsigtet opfugtning af bygningsdele i gulve og facader blev undgået. Efterisolering af krybekældre er en fugttechnisk vanskelig sag, da efterisoleringen ændrer fugtforholdene i ugunstig retning. Efterisolering bør derfor kun udføres efter en nøje vurdering af forholdene. Generelt bør man være tilbageholdende med at ændre på en velfungerende krybekælder. Ud fra et energibesparelsessynspunkt er det ikke hensigtsmæssigt at trække kold udeluft ind under huset, da muligheden for at udnytte isoleringsevnen i jordlagene under huset hermed reduceres.

Skitse



Krybekælder med isolering i hulrum mellem træbjælker og indskuds- og gulvbrædder

Teknik

Isoleringsarbejde i krybekældre er underlagt Arbejdstilsynets bestemmelser, som anviser at hvis højden er mindre end 60 cm, må der ikke arbejdes i krybekældre. Derfor vil det typiske være nødvendigt at tage gulvet op. Efterisolering af en krybekælder kan ske efter følgende tre metoder:

Efterisolering af krybekælderdaekket (bevare som kold krybekælder):

Efterisolering af en kold krybekælder reducerer varmetilskuddet fra bygningen, hvilket medfører at temperaturen falder og den relative luftfugtighed stiger, hvorved der opstår risiko for skimmelvækst. Efterisolering bør derfor kun ske efter nøje vurdering af ændringerne i fugtforholdene og evt. tiltag til at øge ventilationen. Dette kan ske ved etablering af en aftrækskanal fra krybekælder til op over taget, hvorved der suppleres med et termisk drivtryk (skorstensvirkning). Fugtafgivelsen fra jorden kan reduceres ved, at der udlægges en fugtspærre på krybekælderens bund. Ved efterisolering bør noget af isoleringsmaterialet anbringes under træbjælker og andet organisk materiale, så træet får et lavere fugtindhold. I træbjælkelag med lerindskud fjernes denne først, for at muliggøre en udskiftning med isolering og etablering af en dampspærre over isoleringen, som samtidig kan fungere som radontætning. Hvis gulvbrædderne ikke fjernes, indlægges dampspærren mellem bjælkerne og klemmes mod bjælkesiderne. Under det eksisterende dæk kan der krydsforskalles og (yderligere) et lag isolering kan

opsættes. Isoleringen fastholdes med f.eks. galvaniseret jerntråd eller trykimprægnerede trælistes.

Efterisolering af vægge og evt. gulv (ændring til varm krybekælder):

Fugtforholdene kan forbedres i en krybekælder ved ændring til varm krybekælder, hvis vægge og evt. gulv efterisoleres. Ventilationen i kælderen kan derved reduceres, hvis det sikres at ventilationen effektivt ventilerer hele krybekælderen. Der bør udlægges en plastfolie på krybekælderen bund for at reducere fugtafgivelsen fra jorden. Hvis dækket er træbjælkelag bør der indlægges dampspærre over isoleringen, som samtidig kan fungere som radontætning. Krybekælderen vægge kan efterisoleres indvendigt eller eventuelt udvendigt i forbindelse med udvendig facadeisolering. Man skal være opmærksom på at efterisolering af krybekælderen gulv kan besværliggøre adgang til krybekælderen.

Ændring til terrændæk: Denne løsning er oplagt ved ønske om at etablere gulvvarme og er ofte den bedste og eneste mulighed for at energiforbedre en traditionel kold krybekælder. Løsningen kan i øvrigt være oplagt, når et indgreb alligevel er nødvendigt, f.eks. på grund af råd og svamp i træbjælkelaget, og/eller ved ønske om gulvvarme. Løsningen giver god mulighed for etablering af et højisolert terrændæk med god kuldebroisolering langs fundamenterne og radontætning efter samme retningslinier som for nybyggeri. Ændring til terrændæk udføres ved at den oprindelige dækkonstruktion fjernes og ventilationsriste lukkes, hvorefter kryberummet fyldes op med en passende kombination af kapillarbrydende lag og trykfast isolering. Herpå udstøbes en betonplade med randisolering og efterfølgende radontætning.

Anvendelse	Tiltaget er generelt meget oplagt i enfamiliehuse med problemer med fodkulde og hvor der alligevel ønskes udført en gennemgribende gulvrenovering. Ændring til terrændæk er særligt relevant og et relativt billigt tiltag i huse med udstrakt krybekælder, hvor der er behov for nyt gulv og samtidig er ønske om etablering af gulvvarme.
Barrierer	Krybekælderen højde. Usikkerhed om krybekælderen fugtforhold, især ved efterisolering og bibeholdelse af kold krybekælder.
Vurdering	
- Indeklima	Bedre indeklima pga. øget termisk komfort (mindre fodkulde), evt. gulvvarme og radontætning. Tiltaget kan ved manglende viden om og fokus på fugttekniske forhold ændre en velfungerende krybekælder til en kælder med stor risiko for råd og svamp.
- Brugerkomfort/-venlighed	Væsentligt bedre komfort i form af varmere gulvoverflade.
- Drift og vedligehold	-
- Arkitektur	-
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: U-værdi $\leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, såfremt det er økonomisk rentabelt. Efter arbejdstilsynets praksis må der ikke arbejdes i krybekælder under 60 cm. I arbejds højder mellem 60-120 cm er der betydelige sundheds- og sikkerhedsmæssige krav bl.a. i form af maksimale arbejdstider.
Produkt-henvisninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/
Litteratur	Efterisolering af etageboliger: SBI-anvisning 221, 1. Udgave, 2008. SBI-AAU. Håndbog om efterisoleringssystemer: Rapport IBE-DTU R-037, 1999.

BYG-ERFA blad 02 06 25 'Udeventilerede krybekældre – fugtproblemer og lugtgener'.

Branchevejledning om arbejde i eksisterende krybekældre 2004. www.bar-ba.dk

V&S 'Bygningssskader 2009'

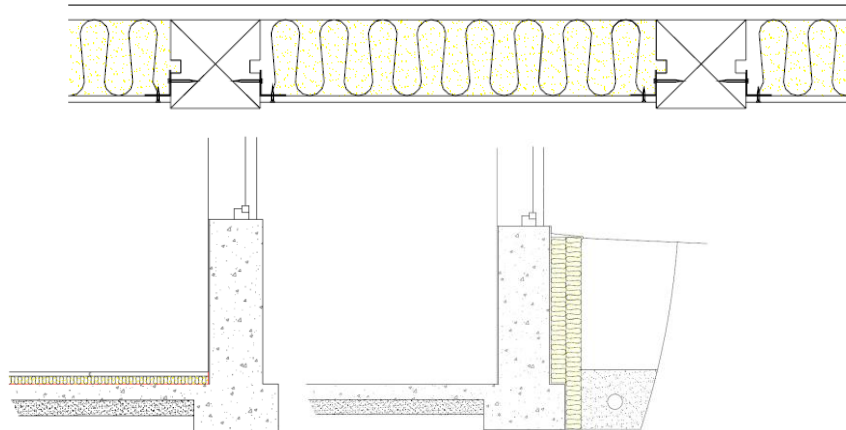
Problemområder	Fugt- og ventilationsforhold
Alternative løsninger	Højisolerende materialer, som f.eks. vakuum isoleringspaneler, kunne være relevante i lave krybekældre hvor gulvet ikke tages op
Anlægspriser	Krybekælderdek: 145 mm isolering mellem og 70 mm isolering under eksisterende træbjælker inkl. bærelister, jertråd og dampspærre koster ca. 400 kr/m ² .
Energibesparelse	Krybekælderdek, træbjælkelag ($U_{\text{før}}=0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$): 24 kWh/m ² /år ved 215 mm efterisolering ($U_{\text{efter}}=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$) Krybekælderdek, betondek ($U_{\text{før}}=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$): 110 kWh/m ² /år ved 215 mm efterisolering ($U_{\text{efter}}=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Økonomi	Teknisk levetid: 40 år. Økonomien i efterisolering af krybekældre er typisk meget attraktiv, også selvom det gøres alene for at spare energi.

2.8 Efterisolering af kældre

Generelt

Efterisolering af kældre (reduktion af varmetabet), kræver afvejning af brugsværdien mod temperatur- og fugtforholdene i kælderen og komforten i stueetagen. Der tilføres typisk varme til kældre fra primært installationer, men også gennem kælderdekke, fra solindfald og evt. radiatorer. Der afgives varme gennem kælderydervægge, kældergulv- og vinduer samt ved ventilation og gennem utætheder. Varmetilførslen bidrager både til komforten i stueetagen og til kælderenes brugsværdi, men medfører også et betydeligt energiforbrug. Hvis der skal opnås en betydende energibesparelse ved efterisolering, er det derfor en forudsætning, at varmetabet fra installationerne reduceres betydeligt.

Skitse



Eksempler på efterisolering af kælderdek (træbjælkelag), -gulv og -ydervæg.

Teknik

Hvis det forudsættes at varmetabet fra installationer i kælderen reduceres betydeligt – hvilket under alle omstændigheder er fornuftigt og nødvendigt hvis eksisterende bygninger skal på lavenerginiveau – er det oplagt at efterisolere kælderen. Derved får man nye brugsmuligheder for kælderen og behøver ikke undersøge konsekvenserne af et reduceret varmetilskud for temperaturen i kælderen og i stueetagen. Efterisolering kan udføres på to principielt forskellige måder, som begge reducerer kælderenes bidrag til bygningens samlede varmetab:

1. Isolering af kælderen (vægge, gulve og vinduer og døre) med fastholdelse af en rimelig rumtemperatur

2. Isolering af kælderdekke (evt. også vinduer og døre) med sænkning af temperaturen i kælderen, uden at det forringer komforten i stueetagen

Kælderdekke efterisoleres bedst på undersiden, men det kan være vanskeligt pga. installationer og lofthøjden. Træbjælkelag kan relativt enkelt efterisoleres ved indblæsning af isolering i hulrummene, da der pga. beskeden temperaturforskel ikke er behov for dampspærre.

Muligheder for efterisolering af kældergulve kan stort set beskrives som for terrændæk. En efterisolering oppefra er begrænset af loftshøjden i kælderen, mens den nedefra (ophugning af dækket og bortskaffelse af underliggende jord) i praksis er begrænset af fundamentets underside for at sikre stabiliteten af bygningen. Ved efterisolering nedefra kan der etableres en større lofthøjde.

Kælderydervægge efterisoleres bedst udvendigt, ligesom det er tilfældet med ydervæggsfacader. Tiltaget afhjælper fugtproblemer, idet kældervæggen bliver varmere og fordampningen til kælderen øges, så væggen også bliver mere tør. Ved udvendig efterisolering undgår man kuldebroer ved indvendige kældervægge, og løsningerne er normalt robuste over for mindre svigt i udførelsen. Tiltaget kombineres typisk med en fugttætning af den udvendige overflade samt etablering

af omfangsdræn. Indvendig efterisolering af kældervægge under terræn er fugtteknisk set meget problematisk, og frarådes derfor generelt. Det bedste løsning er naturligvis at ydervæggen også isoleres udvendigt, så en sammenhængende isolering kan føres ned til underkant fundament. Hvis ydervæggen ikke isoleres udvendigt, afsluttes den udvendige isolering af kældervæggen under terræn, og der udføres en inddækning mod facaden. Kælderydervæggen over terræn kan da isoleres indvendigt som øvrige ydervægge.

Anvendelse	Tiltaget er primært relevant i forbindelse med gennemgribende renovering af bygninger, hvor der ofte også ønskes mere tørre og varme rum i kælderen.
Barrierer	Efterisolering med henblik på kældrens ændrede brug, som indebærer risiko for fugtproblemer eller som forværrer de eksisterende forhold.
Vurdering	
- Indeklima	Bedre indeklima grundet øget termisk komfort (minimering af fugtophobning samt forøgelse af strålingstemperaturen)
- Brugerkomfort/-venlighed	Kældrens overflader bliver varmere, hvilket vil hæve den operative temperatur og komforten. Desuden vil luftkvaliteten i nogle tilfælde blive bedre da svampe får dårligere vækstbetingelser.
- Drift og vedligehold	Tiltaget kræver generelt ingen vedligeholdelse. Hvis facaden ikke er tilsvarende udvendigt efterisoleret ligesom kælderydervæggen, bør inddækningen mod facaden efterses jævnlige for at undgå indtrængning af fugt i isoleringen.
- Arkitektur	-
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010 stiller følgende krav til kældres varmeisolering i forbindelse med større ombygninger (undtagen enfamiliehuse) – højeste varmetab: Kælderdek over uopvarmet kælder: 0,40 W/m ² K Kælderydervægge mod jord: 0,20 W/m ² K Kældergulve: 0,12 W/m ² K Men kun hvis den energimæssige del af tiltaget er økonomisk rentabelt.
Produkthenvisninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/
Litteratur	Efterisolering af etageboliger: SBI-anvisning 221, 1. Udgave, 2008. SBI-AAU Håndbog om efterisoleringssystemer: Rapport IBE-DTU R-037, 1999 BYG-ERFA erfaringsblad 04 12 28: Fugtskader i ældre kældre – undersøgelser
Problemområder	Pladsforhold til efterisolering af installationer som er en forudsætning for at opnå betydelige energibesparelser.
Alternative løsninger	-
Anlægspriser	Indblæsning af 50 mm isolering i kælderdek af træbjælkelag koster typisk 100-200 kr/m ² . Nyetablering af kældergulv inklusiv 200 mm isolering, kapillarbrydende lag og udgravning koster 1000-1200 kr/m ² . Fjernelse af en eventuel eksisterende betondækplade koster et tillæg på 300-450 kr/m ² . Udvendig efterisolering af kælderydervæg koster ca. 1700-2200 kr/m ² for 100 mm isolering. For yderligere isolering er merprisen ca. 5-6 kr/m ² pr mm.
Energibesparelse	Energibesparelsen er typisk lille og underordnet i forbindelse med renovering og efterisolering af en kælder. Hvis der f.eks. ombygges og isoleres med henblik på godkendelse til beboelse, stiger anvendelsesværdien og alt andet lige også boligens værdi, men energiforbruget stiger. Et tiltag som efterisolering af etageadskillelse af træbjælkelag mod en uopvarmet og uisoleret kælder med 50 mm isolering ved indblæsning, giver en energibesparelse på mindre end 4 kWh/m ² /år, men er relativt billigt og forbedre komforten i stueetagen, så det vil ofte være attraktivt at

Økonomi

udføre, selvom energiøkonomien er relativt dårlig (se nedenfor).

Teknisk levetid: 40 år.

Den simple energisparepris for det omtalte tiltag med efterisolering af etageadskillelse mod kælder er ca. 0,6 til 1,2 kr/kWh.

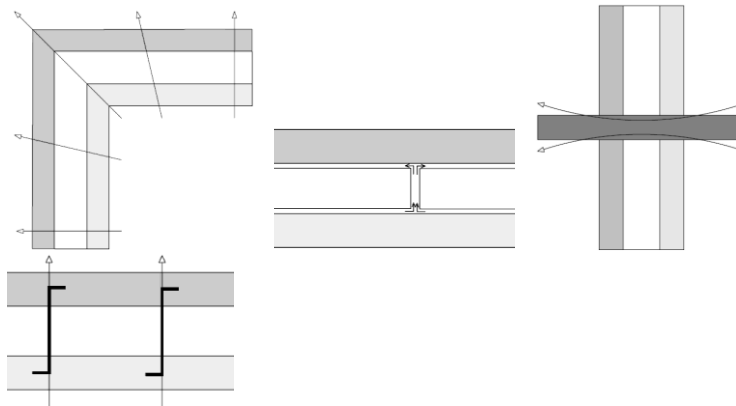
2.9 Isolere ved kuldebroer

Generelt

En kuldebro er et begrænset område i en bygnings klimaskærm, hvor isoleringsevnen er markant dårligere end området omkring det. Det er vigtigt at kuldebroer brydes/isoleres for at sikre en god effekt af efterisolering. Kuldebroer forårsager betydeligt varmetab og er en af hovedårsagerne til fugtskader i bygninger. I et rum med 20°C og 50 % RF er der farer for kondensdannelse/ fugtophobning hvis den indvendige overfladetemperatur på en konstruktion er <9°C. Derudover er det eksperimentelt vist at der er fare for skimmelvækst på forskellige byggematerialer hvis RF på overfladen overstiger 75 % (Det konkrete niveau for kritisk RF på overfladen afhænger af det enkelte materiale – Se SBI-anvisning 224).

Skitse

Forskellige typer af kuldebroer:



Geometrisk

Konvektiv

Konstruktiv

Systematisk

Teknik

Kuldebroer kan i overensstemmelse med ovenstående skitser opdeles i følgende fire grupper:

Geometriske kuldebroer: Er kuldebroer som opstår pga. konstruktionens geometri. Alle konstruktioner hvor der er forskel på indvendige og udvendige mål, vil indeholde geometriske kuldebroer, hvor f.eks. hushjørner henregnes som denne type kuldebro. Et andet eksempel er vinduestilslutninger hvor en tynd rude skal tilsluttes den væsentlig tykkere isolering i vinduesfalsen.

Konvektive kuldebroer: Er kuldebroer forårsaget af utilsigtede luftstrømninger i en konstruktion. De kan f.eks. forekomme i forbindelse med luftstrømning gennem spalter i isoleringen, eller luftstrømning gennem selve isoleringen. Konvektive kuldebroer kan også forekomme, hvor rumluft har mulighed for at strømme ud i konstruktionen.

Konstruktive kuldebroer: Konstruktioner kuldebroer findes hvor der forekommer gennembrydninger af konstruktioner mod det fri. Konstruktive kuldebroer er f.eks. ommuringer eller falselementer omkring vinduer og døre, gennemføringer af elektriske installationer, ventilationskanaler, vandrør mv.

Systematiske kuldebroer: Systematiske kuldebroer kan f.eks. være murbindere og fuger i murkonstruktioner, eller trælægter i træskeletvægge.

Kuldebroer kan vise sig som mørke striber på lofter eller vægge. Det skyldes, at overfladetemperaturen ved en kuldebro er lavere end i resten af området, så der her er større tendens til dannelse af kondens, hvor der kan sætte sig støv og snavs fast.

Kuldebroers omfang undersøges mest effektivt ved at fotografere klimaskærmen med et termografisk kamera. Det bedste resultat opnås, når temperaturforskellen mellem inde og ude er minimum 12 grader. En termografiundersøgelse kan/bør suppleres med konstruktive indgreb i form af f.eks. inspicering af isoleringen i en

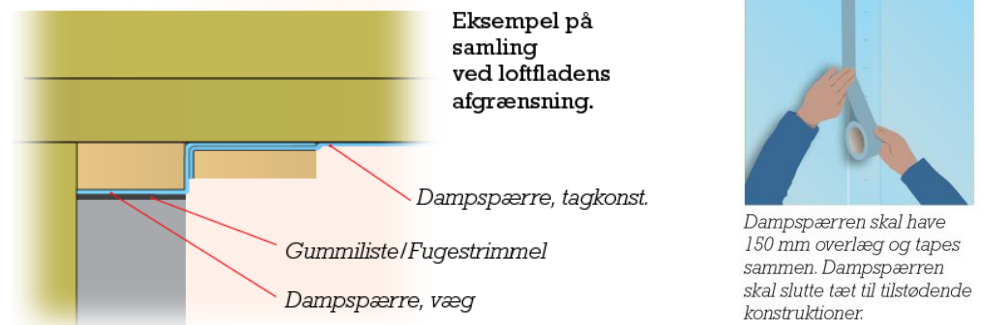
	hulmur ved udtagning af mursten.
	Kuldebroer i eksisterende bygninger brydes mest effektivt og fugtsikret ved udvendig isolering, f.eks. udvendig efterisolering af en ydervægsfacade.
Anvendelse	Tiltaget er helt afgørende for en effektiv efterisolering af alle typer eksisterende bygninger, men kan være svært at praktisere ved f.eks. ældre bygninger med bevaringsværdige facader.
Barrierer	Der kan opstå situationer hvor hverken udvendige eller indvendige isoleringstiltag er acceptable pga. æstetiske eller pladmæssige forhold mv.
Vurdering	
- Indeklima	Bedre indeklima er i høj grad relateret til minimering af og isolering ved kuldebroer
- Brugerkomfort/-venlighed	Bedre komfort og sundhed som følge af mindre træk og kuldegéner og mindsket risiko for kondens på indvendige overflader (mindsket risiko for fugtskader).
- Drift og vedligehold	Der bør foretages jævnlig kontrol af isolering- og tæthedssplanet, så kuldebroer forbliver brudt
- Arkitektur	Ved vinduesfalske kan kuldebroisolering have negativ indvirkning på lysindfald og arkitektur
Energiforsyningsnet	-
Myndighedskrav	Forventede linietafskrav i BR2010 til renovering: Linietafskrav for fundamenter: 0,12 W/mK Linietafskrav for vinduessamlinger i facade = 0,03 W/mK Linietafskrav ved vinduessamlinger i tag = 0,10 W/mK I forbindelse med energimærkning af eksisterende bygninger skal der alene registreres linietafskrav for ydervægs- og kælderydervægsfundamenter. Der ses bort fra linietafskrav om vinduer og døre.
Produkt-henvisninger	Isoleringsproducenter og-leverandører: http://www.vif-isolering.dk/
Litteratur	EU-projektet ”Passive House Retrofit”: http://www.energieinstitut.at/Retrofit/SBi-anvisning_224_Fugt_i_bygninger/ (2009), 1.udgave.
Problemområder	Hulmursisolering resulterer i kuldebroer ved ommuringer omkring vinduestilslutninger og eventuelt i form af faste murbindere.
Alternative løsninger	-
Anlægspriser	Anlægsprisen afhænger af hvilken kuldebro der efterisoleres. Ifølge Passive House Retrofit projektet nævnt ovenfor koster det i gennemsnit 40-50 kr/m ² gulvareal at efterisolere kuldebroer, svarende til bygningsreglementets krav. Derudover skal der påregnes en merudgift på 20-30 kr/m ² gulvareal for at efterisolere kuldebroerne svarende til lavenerginiveau.
Energibesparelse	Afhænder af konkret kuldebro.
Økonomi	Teknisk levetid: Kan rimeligvis ansættes til samme levetid som de tilstødende bygningsdele, f.eks. 40 år for fundamenter.

2.10 Lufttætning af klimaskærmen

Generelt

Lufttætning af klimaskærmen kan typisk nedsætte varmetabet ved infiltration betydeligt og dermed opvarmningsbehovet. Tiltaget medvirker til at man kan få fuld udnyttelse af en efterisolering, og er i øvrigt en forudsætning for en energieffektiv anvendelse af ventilation med varmegenvinding. Utætheder kan typiske henføres til vinduer, kalfatringsfugen, loftet og installationer.

Skitse



Tætning ved samling mellem loft og ydervæg er en af de mest kritiske samlinger

Teknik

Lufttætning af klimaskærmen kan foretages i forbindelse med renovering af bygningsdele, f.eks. udskiftning af vinduer, udskiftning af loftbeklædning, efterisolering af lette ydervægge osv. I forbindelse med lufttætning af klimaskærmen taler man om etablering af et tæthedsplan, dvs. et lufttæt plan, som omkranser en bygnings opvarmede indre og forhindrer at luft strømmer ukontrolleret gennem klimaskærmen. Lufttætheden skal sikres overalt ved samlinger, ved udsparinger og ved gennembrydninger og særligt ved:

- Installationer, der gennembryder tæthedsplanet i loft eller væg både i let og tungt byggeri
- Samlinger mellem tæthedsplanerne i ydervæg og loft samt mellem gulv og ydervæg
- Tætning af samlinger, tapning af overlap af dampspærre foliebaner
- Tilslutning af tæthedsplanet til vinduer og døre

Lufttætning af klimaskærmen kræver frem for alt god planlægning.

Praktiske målinger af utætheder i klimaskærmen udføres med en såkaldt "Blower Door Test". Lokalisering af utætheder kan ske ved at sætte undertryk på bygningen og anvende røg, ved at bruge lufthastighedsmåleudstyr og/eller ved termografering

Anvendelse

En forbedring af klimaskærmens lufttæthed er relevant generelt i forbindelse med renovering af bygninger, og er særligt vigtigt når der etableres mekanisk ventilation med varmegenvinding.

Barrierer

Hvis bygningens luftskifte tidligere har været baseret på utætheder i klimaskærmen og der foretages en betydelig lufttætning af klimaskærmen, er det vigtigt at det sikres at et tilstrækkeligt luftskifte kan opretholdes på anden vis, f.eks. via mekaniske eller naturlige ventilationssystemer, hvor luften tilføres og fjernes på en kontrollerbar måde via kanaler og ventiler.

Vurdering

Tiltaget er helt afgørende, når målsætningen er lavenergirenovering, men det kan være en stor udfordring i praksis at opnå en lufttæt bygning.

- Indeklima

Tiltaget har potentiale en væsentlig forbedring af indeklimaet, hvis luftkvaliteten sikres med passende ventilation.

- Brugerkomfort/-venlighed

Øget komfort som konsekvens af mindre træk mv.. Det fulde udbytte opnås dog kun hvis bygningens ventilation sikres på anden vis og hvis beboere og brugere

	informerer om bygningens nye funktion.
- Drift og vedligehold	For fastholdelse af en god lufttæthed over tid, er det vigtigt at skjulte samlinger er udført i høj kvalitet, og at de mest kritiske samlinger så vidt muligt og med passende interval undersøges for svigt og repareres (f.eks. vinduesfuger og – tætningslister). Opmærksomheden skal også henledes på at sikre lufttætning i forbindelsen med driften af bygningen ved behov for gennemføringer af rør, kanaler mv.
- Arkitektur	Påvirkes ikke af tiltaget.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	Der er ikke krav til lufttætning af eksisterende bygninger i forbindelse med renovering. Men ved gennemgribende totalenergirenovering vil det være naturligt overholde bygningsreglementets krav til nye bygninger ($q_{50} < 1,5 \text{ l/s/m}^2$) og helst bedre af hensyn til etablering af mekanisk ventilation med varmegenvinding .
Produkthenvisninger	Producenter og leverandører af dampspærre (plastfolier), tape, gummilister, tætningskraver til rørgennemføringer mv.
Litteratur	<p>SBi-anvisning 214: Klimaskærmens lufttæthed. Torben Valdbjørn Rasmussen, Asta Nicolajsen. 1. Udgave 2007.</p> <p>BygErfa erfaringsblad: Klimaskærmens tæthed – krav, måling, lufttætning. (99) 06 04 01</p> <p>EU-projektet ”Passive House Retrofit” : http://www.energieinstitut.at/Retrofit/</p> <p>Rockwool A/S (tætning af hus): http://www.rockwool.dk/sw64309.asp</p>
Problemområder	Erfaringsmæssigt er der især problemer med at sikre lufttætte løsninger i loft/tag og samlinger til ydervæg, samt gennembyrninger for installationer
Alternative løsninger	-
Anlægspriser	Da lufttætning af bygningers klimaskærm er en integreret del af energirenoveringstiltag og samlinger mellem bygningsdele er det svært at sætte økonomi på tiltaget. I projektet ”Passive House Retrofit” (nævnt ovenfor) vurderes det at lufttætning til passivhus niveau koster ca. 60 – 80 kr/m ² gulvareal.
Energibesparelse	<p>Infiltrationstab kan beregnes af følgende (baseret på SBI-anvisning 213: Bygninger energibehov):</p> $E_{\text{infil tab}} = 0,655 \cdot \left[t_{\text{brugstid}} \cdot (0,04 + 0,06 \cdot q_{50}) + t_{\text{lukket}} \cdot (0,06 \cdot q_{50}) \right] \quad [kWh / m^2 \text{ pr.}\dot{a}]$ <p>Hvor q_{50} (l/s/m²) er klimaskærmens lufttæthed ved en standard trykprøvning med 50 Pa trykforskel over klimaskærmen</p> <p>t_{brugstid} er brugstiden (timer pr. uge)</p> <p>t_{lukket} er tiden hvor bygningen ikke er i brug (timer pr. uge).</p> <p>Brugstid for boliger: 168 timer/uge</p> <p>Brugstiden for andre bygninger: 45 timer/uge.</p> <p>Infiltration ved tilfældig åbning af vinduer og døre (de 0,04), forekommer kun i brugstiden.</p>
Økonomi	Teknisk levetid: Variabel, men kan rimeligvis ansættes til samme levetid, som den bygningsdel lufttætningen er en integreret del af.

3 Vinduer

3.1 Renovere vinduer – forsatsvinduer

Generelt

Varmetabet fra bevaringsværdige vinduer kan reduceres ved at montere forsatsvinduer indvendigt på de eksisterende vinduer, hvorved der kan opnås betydelige energibesparelser. Typiske vil tætheden af renoverede vinduer med forsatsvinduer være væsentligt forbedret, hvilket også vil resultere i et bedre indeklima.

Skitse



Eksempel på sidehængt forsatsvindue med energiglas.

Teknik

Ældre trævinduer er ofte bevaringsværdige af arkitektoniske grunde og fordi de er lavet af kvalitetstræ og derfor stadig er i forholdsvis god stand (det ses dog ofte af rammerne er i mindre god stand). Energimæssigt er de mindre gode pga. rudernes dårlige isoleringsevne og manglende tæthed af vinduerne. Disse vinduer kan bevares og energiforbedres i form af forsatsvinduer. Forsatsvinduer kan overordnet set opdeles i tre grundtyper:

- 1) Sidehængte forsatsrammer af træ eller aluminium monteret i karmen
- 2) Skydeforsatsvinduer monteret i karmen
- 3) Koblede løsninger monteret direkte på de eksisterende vinduesrammer.

Typiske forsatsvinduer er således såkaldte 1+1 og 1+2 løsninger, men kan også være 2+1 løsninger, hvor en eksisterende termorude efterisoleres med en forsatsløsning med energiglas, eller en mere vidtgående løsning i form af 1+1+1 og eventuelt med et isolerende natgardin for betydelig reduktion af varmetabet om natten, hvor det er koldest.

Anvendelse

Forsatsløsninger anvendes ofte i situationer hvor det eksisterende vindue er bevaringsværdigt. Det er specielt i forbindelse med dannebrogsvinduer og vinduer med mange sprosser, at forsatsvinduer er en energimæssig god løsning.

Barrierer

Der er umiddelbart ingen barrierer for at foretage en forsatsløsning.

Vurdering

Forsatsløsning er hurtig, billig og miljøvenlig, der ofte har lige så gode energi- og støjdæpende egenskaber som et nyt vindue – nogle gange endda bedre.

- Indeklima

Forbedres idet vinduet bliver varmere og mere tæt

- Brugerkomfort/-
venlighed

Optager plads i vindueskarmen, dog i mindre omfang forsatsvinduer i form af koblede løsninger. Behov for en hensigtsmæssig hængsling for åbning og evt. afmontering i sommerperioden.

- Drift og vedligehold

Behov for jævnlig rengøring af en ekstra glasflade sammenlignet med nyt vindue med energirude

- Arkitektur

Forsatsløsninger ændrer ikke bygningens udseende udadtil. 1+1 løsningen er skånsom ved lysindfaldet sammenlignet med et nyt vindue med energirude, der alt andet lige kræver bredere ramme-karm profiler og har energiglas med blød frem

for hårde lavemissionsbelægning, der reducerer lysindfaldet mere.

Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: $U_w \leq 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Produkt-henvisninger	Diverse forsatsvindueproducenter - se f.eks. portalen Viden Om Vinduer: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/index.html
Litteratur	Viden Om Vinduer: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/index.html BYG-ERFA Erfaringsblad nr. (31) 02 02 14: Forsatsløsninger til ældre vinduer - varme- og lydisolering samt dagslys.
Problemområder	bygningens lufttæthed øges, hvilket giver øget behov for ventilation
Alternative løsninger	Udskiftning af dannebrogsvinduer til nyt vindue i samme stil eller almindelige energivinduer.
Anlægspriser	Det koster ca. 2.000 til 3.000 kr./m ² at montere forsatsvinduer. Hvis selve vinduet er i dårlig stand, men bevaringsværdigt, kan det istandsættes for ca. det samme som prisen for et nyt tilsvarende vindue, men udgiften er ikke relateret til selve energiforbedringen.
Energibesparelse	U_w for et typisk dannebrogsvindue er ca. 4,4 W/m ² K, hvis der er et enkelt lag glas, 2,4 W/m ² K, hvis der i for vejen er forsatsvindue uden belægning og 1,7 W/m ² K hvis der er forsatsvindue med energiglas. Ved at montere et forsatsvindue med energirude kan vinduets U-værdi reduceres yderligere til ca. 1,3 W/m ² K. De energimæssige egenskaber for forskellige typer af dannebrogsvinduer med dimensionen 1,163 x 1,834 m (b x h) og uden sprosser samt med forskellige rudesystemer fremgår nedenfor: Energibesparelsen er opgjort i forhold til et typisk oprindeligt forsatsvindue med almindeligt klart glas.

Vinduestype	U_w [W/m ² K]	G_w [-]	Energitilskud [kWh/m ² /år]	Energibesparelse [kWh/m ² /år]
Oprindeligt – med ét lag glas	4,4	0,54	-294	-169
Oprindeligt – og oprindeligt forsatsvindue	2,4	0,47	-125	0
Oprindeligt – og forsatsrame m. energiglas	1,7	0,44	-66	59
Oprindeligt – og forsatsenergirude	1,3	0,33	-51	74
Nyt trævindue med 2-lags e-rude	1,6	0,34	-77	48
Nyt trævindue med 2-lags e-rude og varm kant	1,5	0,34	-68	57
Nyt alubeklædt trævindue med 2-lags e-rude	1,7	0,34	-86	39

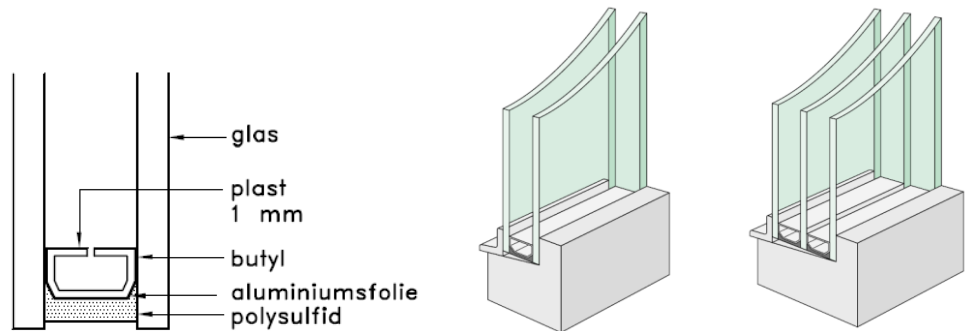
Økonomi	Teknisk levetid: 30 år. Merudgifter til vedligeholdelse: Typisk uændrede. Hvis udgangspunktet er oprindelige vinduer med 1 lag glas, hvorpå der monteres et forsatsvindue med energiglas, kan beregnes en energisparepris på ca. 0,4 kr/kWh, hvilket generelt er billigere end energiprisen.
----------------	--

3.2 Renovere vinduer – skifte termorude til energirude

Generelt

I starten af 1960'erne blev den forseglede termorude bestående af to lag glas med luft i mellemrummet opfundet. Derved forbedredes U-værdien til ca. $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, altså mere end en halvering i forhold til ét lag glas. Termoruderne blev herefter meget udbredt og anvendt i det meste af byggeriet frem til starten af 1980'erne, hvor de energimæssigt bedre 2-lags energiruder fra 1982 blev markedsført bredt. Da varmetabet kan reduceres betydeligt ved at skifte til energiruder og da vinduers ramme-karm konstruktion typisk har en længere levetid end ruden, kan det være fornuftigt kun at udskifte ruden med en energirude i forbindelse med reovering.

Skitse



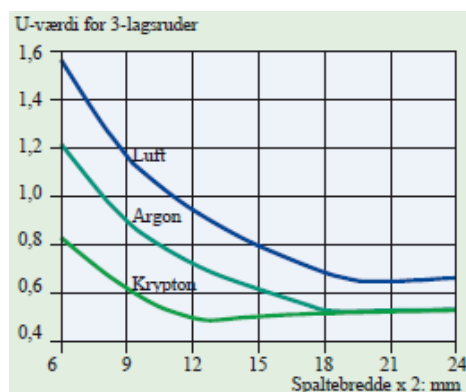
Venstre: Eksempel på ”varm kant” (afstandsprofil i plast, men kan være meget andet end plast).

Midt: 2-lags energirude, lavemissionsbelægning på indvendigt glas, på den side der vender mod mellemrummet.

Højre: 3-lags energirude, oftest med 2 energiglas på de to yderste glas ind mod mellemrummet. Med nye ”jernfattige” basisglas og nye klare belægninger kan belægningen også sidde på det midterste glas uden risiko for termisk brud

Teknik

Med energiruder, som er termoruder med en eller flere lavemissionsbelægninger og ædelgas i hulrummet (typisk argon), er U_g for ruden kommet ned på ca. $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ for 2-lags ruder og $0,5-0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ for 3-lags ruder afhængig af glasafstanden. Diagrammet nedenfor viser typiske U-værdier for 3-lags energiruder med 2 lavemissionsbelægninger ved forskellige spaltebredder og afhængig af gasfyldning. 3-lags ruder med 18mm argon giver $U = 0,5$, mens krypton ikke giver bedre U-værdi ved samme afstand - kun ved små afstande er der fordel i at bruge krypton.



Belægningerne på energiruder betyder alt andet lige, at solenergi- og lystransmittansen i begrænset omfang reduceres sammenlignet med klart glas uden belægninger. Nye ”jernfattige” basisglas og nye klare belægninger kompenserer for dette. Energiruders kantkonstruktion i form af afstandsprofilet, der sidder i kanten af ruden og holder afstand mellem glassene og sørger for en tæt rude, kan fås som såkaldt ”varm kant” i form af f.eks. et profil i rustfrit stål eller endnu bedre et plast profil, hvorved kondens indvendigt på rudekanten normalt kan elimineres, forudsat at vindueskonstruktionen er optimeret. U-værdien for vinduet kan samtidig med

reduceres med ca. 8 % afhængig af vinduet udformning og materialer.

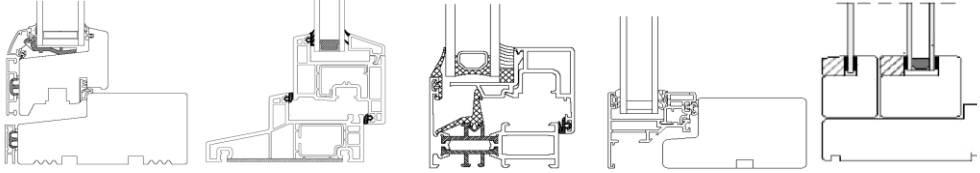
Anvendelse	Tiltaget er relevant i alle bygninger, hvor de eksisterende vinduer er i god stand. Hvis vinduet er fremstillet af træ i dårlig kvalitet, som det ofte ses med vinduer fra 1960'erne til midten af 90'erne, anbefales det at skifte vinduet i stedet for kun ruden.
Barrierer	Udskiftning af ældre termoruder til nye energiruder er normalt en nem og forholdsvis billig løsning. Ofte er det hensigtsmæssigt at den nye rude har samme tykkelse som den eksisterende, hvilket medfører blot en lidt højere U-værdi end med optimal spaltebredde (f.eks. $U = 1,3$ for 4-12-4 rude). Man skal være opmærksom på at løbende enkeltudskiftninger på f.eks. skoler kan blive dyrt i længde sammenlignet med en totalrenovering/udskiftning af alle vinduer/ruder. Energiruder mindsker lysindfaldet, og der er ikke mulighed for at kompensere i form af større glasareal som ved totaludskiftning af vinduet.
Vurdering	
- Indeklima	Indeklimaet bliver mærkbart bedre på grund af en markant stigning i overfladetemperaturen på ruden. Kondens indvendigt på rudekanten kan normalt elimineres for ruder med varm kant.
- Brugerkomfort/-venlighed	Glasoverfladen mod rummet bliver væsentligt varmere og derfor bliver oplevelsen af kuldestråling og kuldenedfald fra vinduet mindre og man er ikke længere afhængig af en radiator under vinduet.
- Drift og vedligehold	Ingen ændringer
- Arkitektur	Moderne energiruder påvirker stort set ikke lysindfaldet og kun i begrænset omfang solvarmetilskuddet.
Energiforsyningsnet	-
Myndighedskrav	Der er ingen energikrav til udskiftning af vinduers ruder
Produkt-henvisninger	Producenter mv. af bygningsglas: www.glasindustrien.dk
Litteratur	Viden Om Vinduer: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/index.html BYG-ERFA-blad 950427: Dugdannelser, revner og andre problemer med termoruder BYG-ERFA-blad 030508: Kondens på glasoverflader – termoruder og energiruder
Problemområder	Tilpasninger af ramme-karm konstruktion ved udskiftning til højisolerende 3-lags energiruder. Udvendig kondens kan opstå, hvis en række faktorer arbejder ugunstigt sammen – hvis det er vindstille, koldt og klart vejr og der er en høj luftfugtighed i udeluften.
Alternative løsninger	En forsatsløsning med f.eks. energiglas eller energirude er en mulighed for energiforbedring, hvis de eksisterende vinduer med termorude er i fin stand eller det konstruktionsudformningen besværliggør en rudeudskiftning
Anlægspriser	I en renoveringssituation, vil der i mange tilfælde være ruder som er punkteret og alligevel skal udskiftes og det kan derfor forsvares kun at medregne merprisen på energiruder i forhold til termoruder. I takt med at de gammeldags termoruder er ved at blive udfaset helt fra markedet er merprisen for 2-lags energiruder ganske lille og hos flere forhandlere er prisen på de to rudetyper den samme. Prisen for udskiftning af gamle termoruder til 2-lags standard energiruder er ca. 1500 kr/m ² rude. En 3-lags energirude kan skønsomt antages at koste 50 % mere end en 2-lags energirude, svarende til en merpris på 750 kr/m ² eller samlet set 2250 kr/m ² .
Energibesparelse	Energibesparelse for 2-lags energirude ift. termorude: 121 kWh/m ² /år. Energibesparelse for 3-lags energirude ift. termorude: 149 kWh/m ² /år. Energibesparelse for 3-lags energirude ift. 2-lags energirude: 28 kWh/m ² /år.

Økonomi

Teknisk levetid: 30 år.

Hvis ruderne alene skiftes for at spare energi, er den simple energisparepris for udskiftning til nye 2-lags energiruder er ca. 0,4 kr/kWh, hvilket generelt er billigere end energiprisen.

3.3 Skifte facadevinduer til energivinduer

Generelt	Tiltaget svarer til at skifte til typiske facadevinduer på det danske marked, det vil sige vinduer med en 2-lags energirude og et energitilskud på $-33 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$, svarende til minimumskravet i BR 2010.
Skitse	
	Eksempler på typiske danske energivinduer
Teknik	Typiske danske energivinduer udformes med relativt smal ramme-karm konstruktion og almindelig 2-lags energirude, som har en høj kvalitet og arkitektonisk værdi, og derfor også er efterspurgt i vores nabolande, herunder især England. Vinduerne har en udmærket energimæssig ydeevne, og vil i mange renoveringer give anledning til en betydelig energibesparelse. Vinduet bør indbygges, så der ikke opstår kuldebroer ved indbygningen i ydervæggen, hvilket kan opstå, hvis ydervæggen på et senere tidspunkt efterisoleres. Udskiftning af vinduer bør så vidt mulig sammentænkes med efterisolering af facader og vinduestilslutninger.
Anvendelse	Generelt ved udskiftning af udslidte vinduer med termorude eller andre former for dårligt isolerede vinduer. Tiltaget er ikke relevant i bygninger med gamle og bevaringsværdige vinduer i kernetræ, idet opsætning af forsatsvindue med energiglas/-rude vil være en bedre løsning, der energimæssigt set er lige så god som udskiftning til nye energivinduer.
Barrierer	Tiltaget er sjældent relevant, hvis der er tale om gamle vinduer i kernetræ med bevaringsværdi. Hvis klimaskærmens lufttæthed øges vil det være nødvendigt at sørge for ventilation af bygningen på anden vis.
Vurdering	
- Indeklima	Det mindre varmetab mindsker kuldenedfald og kuldestråling, hvilket giver bedre indeklima og frihed til placering af radiatorer.
- Brugerkomfort/-venlighed	Bedre komfort pga. mindre træk fra tættere vinduessamlinger, bedre funktion (åbning mv.) samt reducerede problemer med ”morgenkondens” i rudekanten. Når klimaskærmen tætnes kræver det at beboerne er mere opmærksomme på at lufte oftere ud.
- Drift og vedligehold	Ingen ændringer.
- Arkitektur	Tiltaget påvirker arkitekturen og til dels dagslysforholdene gennem et lidt reduceret lysindfald mv., som dog kan kompenseres med f.eks. smallere ramme-karmprofiler
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR 2010: $E_{\text{ref}} \geq -33 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ ($E_{\text{ref}} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$)
Produkt-henvisninger	Der skelnes mellem forskellige vinduestyper baseret på de primære materialer, der indgår i ramme-karm konstruktionen, og som typisk er træ, plast, aluminium, træ/aluminium eller kompositmaterialer, f.eks. glasfiberarmeret polyester (GRP). Producenter af facadevinduer: www.vinduesindustrien.dk
Litteratur	Viden Om Vinduer: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/index.html , som indeholder viden og informationer om vinduer, der frit kan anvendes til fremme af og videreudvikling af energirigtige vinduesløsninger i Danmark.

Værd at Vide om Vinduer: www.omvinduer.dk

Brancheorganisation for vinduer: www.vinduesindustrien.dk

Brancheorganisation for glas og ruder: www.glasindustrien.dk

Energimærkning af vinduer: www.energivinduer.dk og www.energimarkning.dk

Problemområder

På grund af vinduets (rudens) lave U-værdi kan der i begrænsede perioder (typisk september og oktober) og særligt om morgenen forekomme udvendig kondens på vinduerne.

Alternative løsninger

Udskifte til plusvinduer.

Anlægspriser

Vindue: 1500 – 3000 kr/m². Tilsætning, beslag, stopning og fugning: +25 %

Energibesparelse

Fra 1-lags vinduer med energitilskud på ca. -300 kWh/m²/år til energivinduer med tilskud på ca. -33 kWh/m²/år (jf. forventet minimumskrav i BR 2010):
Energibesparelse på 267 kWh/m²/år.

Fra 2-lags vinduer med termorude og med energitilskud på ca. -150 kWh/m²/år til energivinduer med tilskud på ca. -33 kWh/m²/år: Energibesparelse på ca. 117 kWh/m²/år.

Økonomi

Teknisk levetid: 30 år.

Eventuelle merudgifter til drifts- og vedligehold afhænger af det eksisterende vindue.

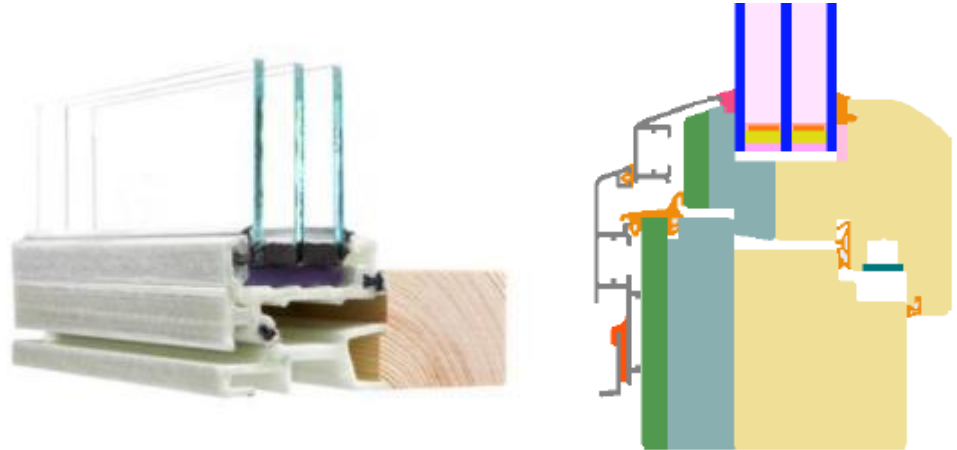
Hvis eksisterende vinduer med termorude skiftes til nye vinduer med 2-lags energirude alene for at spare energi, så er den simple energisparepris 0,80 kr/kWh.

3.4 Skifte facadevinduer til plusvinduer

Generelt

Plusvinduer eller superlavenergivinduer er nye på markedet i Danmark. I udlandet har der i en årrække og med fokus på minimering af varmetabet været udviklet vinduer til passivhuse med en U_w -værdi på under $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. PlusVinduer er vinduer der i standard dimensionen (1230 x 1480 mm) har et positivt energitilskud ($E_{\text{ref}} > 0$) Almindelige energivinduer har typisk et energitilskud på $-33 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ (minimumskrav i BR 2010), som forventes skærpet til $-17 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ i 2015.

Skitse



Venstre: Eksempel på et plusvindue i træ/plastkomposit med profilbredde på 56 mm ($G_w = 0,38$), 3-lags energirude med argon fyldning ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K} - 4\text{E}/15\text{Ar}/4/15\text{Ar}/\text{E4}$), samlet varmetab $U_w = 0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$ og energitilskud på $0 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$.

Højre: Typisk tysk passivhus vindue, der er kendetegnet ved en bred ramme-karmkonstruktion og indbygget isoleringsmateriale.

Teknik

Et Plusvindue betegner et vindue, der er opbygget med energibesparende elementer, som f.eks. energirude eller forsatsenergiglas/-rude, ”varm” rudekantkonstruktion, velisoleret ramme-karm konstruktion og en reduceret/optimal ramme-karm konstruktion, således at det som 1 fags vindue i standard størrelse (1,23 x 1,48 m) og med producentens standard rude har et positivt energitilskud: $E_{\text{ref}} = 196 \cdot G_w - 90 \cdot U_w > 0$. Et større solindfald og mindre varmetab øger energitilskuddet. Varmetabet reduceres mærkbart ved at benytte 3-lags energiruder og det samme gør solvarme og –lysindfaldet. Yderligere reduktion i varmetabet kræver velisolerede ramme-karmkonstruktioner uden kuldebroer. På det seneste er der markedsført PlusVinduer fra danske firmaer, der udmærker sig ved at have smal ramme-karm konstruktion. Typiske tyske passivhus vinduer er kendetegnet ved en solid og bred ramme-karm konstruktion, hvilket blokerer for solindfald, så på trods af bedre isoleringsevne er energitilskuddet almindeligvis bedre for danske PlusVinduer som opfylder passivhus standarden

Anvendelse

Generelt ved udskiftning af vinduer, men især ved renovering til lavenergyniveau

Barrierer

Bevaringsværdige eksisterende vinduer. Begrænset antal producenter af PlusVinduer på det danske marked. Vinduer fra udlandet er alle udviklet til at åbne indad, medens der i Danmark er behov for vinduer der åbner udad. Der vil være et øget behov for ventilation, hvis luftskiftet hovedsagligt er baseret på infiltration gennem sprækker i vinduer.

Vurdering

- Indeklima

Plusvinduer isolerer så godt at de eliminerer problemer med kuldestråling og – nedfald.

- Brugerkomfort/-

Bedre komfort pga. mindre træk fra tættere vinduessamlinger, bedre funktion

venlighed	(åbning mv.) samt ingen kolde overflader med indvendig kondens
- Drift og vedligehold	Ingen ændringer.
- Arkitektur	Tiltaget påvirker arkitekturen og dagslysforholdene gennem et reduceret lysindfald mv., som dog kan kompenseres med f.eks. smallere ramme-karmprofiler. Hvis vinduerne er med 3-lags rude vil lystransmittansen være lavere, og kan derfor forekomme en smule mørkere end et vindue med en 2-lags rude. Vurdering af konsekvenser af forskellige glasvalg på de visuelle forhold kan anbefales.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant.
Myndighedskrav	BR 2010: $E_{ref} \geq -33 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ ($E_{ref} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$)
Produkt-henvisninger	PlusVinduesListen: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/plusvinduer.html Eksempler på tyske, norske og svenske lavenergivinduer: www.passiv.de (klik „Zertifizierung“ og derefter „Zertifizierte produkte“) www.nordan.no www.smartafonster.se www.natre.no www.svanskafonster.se www.mockfjards.se
Litteratur	Se under ”Skifte facadevinduer til energivinduer”
Problemområder	Om morgenen eller i særligt vejr kan forekomme kondens eller isblomster udvendigt på vinduerne.
Alternative løsninger	Udskiftning til almindelige energivinduer.
Anlægspriser	Merpris for et plusvindue i forhold til et typisk Energivindue: ca. 600 - 1.000 kr/m ² .
Energibesparelse	Energiltilskud for typiske energivinduer på det danske marked: ca. - 33 kWh/m ² (forventet minimumskrav i BR2010). Energibesparelse for PlusVinduer: ca. 33 kWh/m ² Energibesparelsen afhænger af vinduesplacering, bygningsudformning, skyggeforhold mv., og bør beregnes med Be06 eller et lignende program.
Økonomi	Teknisk levetid: 30 år. Eventuelle merudgifter til drift og vedligehold afhænger af den eksisterende konstruktion. Forudsat at tiltaget gennemføres alene for at spare energi, kan beregnes en energisparepris for plusvinduer på ca. 0,80 kr/kWh.

3.5 Skifte facadevinduer til ventilationsvindue

Generelt

Ventilationsvinduer kan løse problemer med utilstrækkelig ventilation som følge af efterisolering og lufttætning af klimaskærmen. Et ventilationsvindue er en multifunktionel bygningsdel, der i princippet er opbygget som et traditionelt koblet vindue, men med større afstand mellem rammerne, så en passende luftmængde kan passere igennem hulrummet og ind i bygningen. Luften forvarmes af varmetab gennem vinduet og af solindfald. Ventilationsvinduets princip er ikke ny, men har været anvendt i Finland og Rusland i generationer, da det mindsker ventilationsrelaterede problemer med fugt og træk i bygninger, samtidig med at det minimerer udgifter til opvarmning og køling.

Skitse



Teknik

Nye vinduer fås også som såkaldte ventilationsvinduer (eller russervindue, 3G vindue mv.), der er en dobbeltfacade i miniudgave. De udformes som et traditionelt forsatsvindue, hvor hulrummet i fyringssæsonen benyttes til at forvarmning af frisk udeluft via åbning i underkarmen og en selvvirkende ventil i overkarmen, som regulerer luftmængden. Forvarmningen sker dels ved varmetabet gennem vinduet og dels ved opvarmning fra solen.

Ventilationsvinduer produceres i to hovedtyper, enten som et oprindeligt gammelt vindue med forsatsvinduer eller som et moderne koblet vindue. Den udvendige ramme har typisk et enkelt lag klart glas for at tillade så meget solenergi som muligt at passere ind i mellemrummet mellem rammerne. Den indvendige rude er typisk et enkelt energiglas eller en energirude. Solens energi og varmetabet gennem den indvendige rude bliver opsamlet i mellemrummet. Gennem en ventilationsrist i vinduets bundkarm strømmer frisk uopvarmet luft ind i mellemrummet mellem de udvendige og indvendige rammer. Luftstrømningen styres af en ventil i toppen af vinduet, idet den ved høje udetemperaturer sørger for at udeluft tilføres direkte, mens den varme luft fra mellemrummet ledes ud igen.

Anvendelse

Ventilationsvinduer er særligt relevante i forbindelse med udskiftning af vinduer i eksisterende ældre bygninger, hvor anden form for effektiv ventilation med varmegenvinding ikke er en mulighed.

Barrierer

Hvis det eksisterende vindue er bevaringsværdigt, kan det være en barriere for at implementere ventilationsvinduer i bygningen.

Vurdering

- Indeklima
Ventilationsvinduer filtrerer delvist udeluften. Der er plads til solafskærmning i hulrummet mellem de koblede rammer. Solafskærmningen kan bidrage til en bedre opvarmning af ventilationsluften og kan benyttes som natskodder, hvilket mindsker varmetabet.
- Brugerkomfort/-venlighed
Ventilationsvinduer har en god støjdemping. De to rammer kan åbnes helt, så de kan pudses indefra. Ventilationsvinduer bør ikke åbnes i fyringssæsonen, ligesom vinduer i bygninger med mekanisk ventilation med varmegenvinding heller ikke bør åbnes.
- Drift og vedligehold
Ventilationsvinduet s ventilatorer fungerer ved hjælp af voksfyldte aktuatorer som udvider sig ved opvarmning og trækker sig sammen igen ved afkøling, derfor er det vigtigt at kontrollere at aktuatorerne til stadighed fungerer, for at få det optimale udbytte. Derfor bør ventilerne med passende mellemrum tages ud af vinduerne og kontrolleres ved forskellige temperaturer. Den forventede levetid for aktuatorerne er ca. 25 år.
- Arkitektur
Ventilationsvinduer fås enten som et oprindeligt gammelt vindue med forsatsvinduer eller som et moderne koblet vindue.

Energiforsyningsnet

-

Myndighedskrav

BR 2010: $E_{ref} \geq -33 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ ($E_{ref} = 196,4 \times g_w - 90,36 \times U_w$)

Produkt-henvisninger

Diverse producenter af ventilationsvinduer

Litteratur

ELFORSK nyt, februar 2009 'Stærk fokus på ventilationsvinduer'

Hansen 3G vinduet:

<http://www.hansengroup.biz/hansen3g/index.php?cp=hg&lang=da>

Horn Vinduer: <http://www.hornvinduer.dk/00009/00014/>

Problemområder

Ventilationsvinduer forudsætter mekanisk udsugning eller aftrækskanaler med et tilstrækkeligt aftræk. Mange eksisterende bygninger har skorstene, pejls, brændeovne eller lignende hvor luftaftræk kan etableres. Tagvinduer/ovenlys kan også bidrage til at sikre det ønskede aftræk af luft.

Alternative løsninger

Nye forsatsvinduer, energivinduer eller plusvinduer – se separate beskrivelser

Anlægspriser

Som eksempel koster et et-fags ventilationsvindue (1x1m), inkl. 1 ventil 5000-6000 kr/m² ekskl. moms og montage.

Energibesparelse

50-200 kWh/m² vindue i forhold til almindeligt vindue med friskluftventiler. Mindst for ventilationsvinduer med almindelige ventiler med konstant luftstrøm og mest for vinduer med automatiske ventiler med varierende luftstrøm.

Økonomi

Teknisk levetid: 30 år.

Der vil være merudgifter til drift og vedligehold i forhold til almindelige vinduer (herunder kontrol af ventiler).

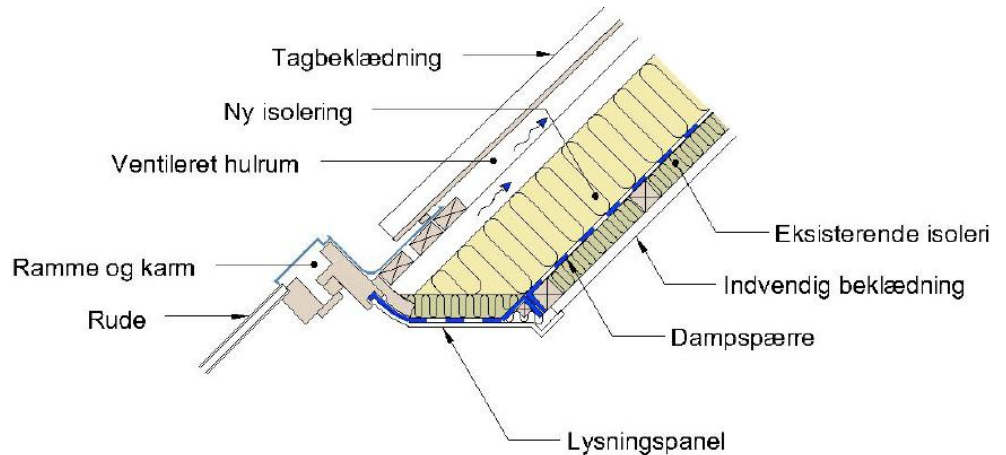
Prisen for ventilationsvinduer er noget højere end for almindelige vinduer, men hvis referencen er vinduer med friskluftventiler og ingen varmegenvinding, er der umiddelbart fornuftigt sammenhæng mellem merpris og de fordele der følger af ventilationsvinduer, f.eks. energibesparelse, styret ventilation med forvarmning/ingen træk, støjdemping mv.

3.6 Skifte/etablere ovenlysvinduer

Generelt

Udskiftning og etablering af ovenlysvinduer til skråtage udføres oplagt i forbindelse med tagrenovering. Udskiftning af ovenlysvinduer vil typiske have en betydelig energibesparende effekt. Nyetablering af ovenlysvinduer kan være relevant for at få mere lys i dybe rum eller tagetager.

Skitse



Samling mellem ovenlysvindue og tag

Kilde: Videncenter for energibesparelser i bygninger

Teknik

Ovenlysvinduer indbygges typisk mere yderligt i tagkonstruktionen end facadevinduer, hvilket giver relativt høje linietabsværdier. Der findes dog nye indbygningsmetoder, som isolerer omkring ovenlysvinduet i det kritiske område og/eller trækker ovenlysvinduet længere ind i konstruktionen, og dermed giver bedre linietabsværdier.

Ovenlysvinduer leverer væsentligt mere lys end facadevinduer. Ovenlysvinduer leverer f.eks. en jævnt fordelt naturlig belysning, der er ca. 3 gange så intens som dagslys fra facadevinduer med samme rudeareal. Der opnås den samme tilfredsstillende belysning, med et meget mindre vinduesareal, end en bygning kun med facadevinduer. Samtidig vil installation af ovenlysvinduer reducere elforbruget til belysning. Ovenlysvinduer resulterer desuden i et betydeligt solvarmetilskud til bygningen.

Ovenlysvinduer bør udstyres med solafskærmning for at begrænse overophedning i sommerhalvåret, og minimere varmeudstråling om natten i vinterhalvåret.

I forbindelse med udskiftning af ældre ovenlysvinduer med nye og energimæssigt forbedrede egenskaber, er det værd at undersøge, om det er muligt, at indbygge et eller flere ekstra ovenlysvinduer, hvorved der kan opnås lysere rum og energibesparelser fra den elektriske belysning uden nødvendigvis at øge opvarmningsbehovet. Taget varmetab øges, men det opvejes omtrent af et større gratisvarmetilskud fra solen. Det bør også undersøges om ovenlysvinduer kan omplaceres for bedre udnyttelse i forhold til lys og energi.

Anvendelse

Udskiftning af ældre eksisterende ovenlysvinduer i forbindelse med tagrenovering, hvor også etablering af ekstra vinduer eller omplacering er relevant, eller nyetablering, som især er relevant i bygninger med dybe rum, små eller lavt siddende vinduer og bygninger med udnyttet tagetage.

Barrierer

Umiddelbart ingen.

Vurdering

- Indeklima

Nyetablering af ovenlysvinduer i mørke rum vil give bedre dagslysindfald og alt

	<p>andet lige et mindre varme og ellysforbrug. Udskiftning af gamle ovenlysvinduer giver betydelig energibesparelse og et forbedret indeklima bl.a. i form af mindre træk pga. bedre tæthed og varmere overflader.</p>
- Brugerkomfort/-venlighed	<p>Der fås en række tilbehørsprodukter til at skærme mod lys, varme, lyd og indkig: Udvendige rulleskodder eller indvendige mørkelægningsgardiner for mørkelægning og forbedring af vinduets varme- og lydisolering. Udvendige markiser betjent indefra til reduktion af lysindfaldet. Persienser til regulering af sollys og dets retning med isolerende effekt samt rullegardiner til dæmpning af lyset. Højtplacerede vinduer kan være svære eller umulige at nå uden en stige, så her er der mulighed for at installere fjernbetjent elektrisk åbning og lukning. Det er også muligt at kombinere den elektriske åbning og lukning med automatik og sensorer til styring af udluftning, lukning ved regn samt andre funktioner.</p>
- Drift og vedligehold	<p>Typiske opnås ved udskiftning af ovenlysvinduer færre problemer med kondens og fugt på og omkring vinduet, med deraf følgende bedre holdbarhed af vindue og tagkonstruktion og dermed færre udgifter til drift og vedligeholdelse.</p>
- Arkitektur	<p>Etablering af nye ovenlysvinduer er en meget synlig tilføjelse til tagfladen, og vinduerne kan radikalt ændre tagets og dermed bygningens udseende). Ovenlysvinduer kan give bygningen karakter. Da en rolig tagflade normalt er at foretrække frem for en flade med mange forskellige elementer, kan det være en svær opgave at få placeret nye ovenlysvinduer, så det samlede udtryk ikke fremstår rodet. Jo stejlere tagets rejsning er, desto mere synlige vil ovenlysvinduerne være udefra. Følgende tommelfingerregler kan i de fleste tilfælde benyttes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer ovenlysvinduer symmetrisk, hvis facaden er symmetrisk • Hvis muligt, bør facadevinduerne bestemme ovenlysvinduernes placering • Ovenlysvinduerne bør flugte med hinanden, ikke placeres i forskellig højde • Inddækninger vælges så de passer bedst muligt til tagbelægningen • Benyt ovenlysvinduer i samme størrelse i stedet for flere forskellige størrelser • Brug evt. flere mindre vinduer i stedet for få større, hvis det passer bedre til bygningens stil (gælder især ældre bygninger). • Tilpas vinduernes størrelse til husets størrelse - store vinduer til store bygninger og små vinduer til små bygninger. <p>Der findes særlige ovenlysvinduer til udskiftning af støbejernsvinduer i bevaringsværdige bygninger.</p>
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	<p>BR2010: Udskiftning af ovenlysvinduer: $E_{ref} \geq -10 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ ($E_{ref} = 345 \times g_w - 90,36 \times U_w$)</p> <p>Dette krav forventes skærpet til $0 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ i BR2015.</p> <p>Der er krav om et linietab for samlingen mellem ovenlysvindue og tag på højst $0,10 \text{ W/mK}$, hvis der samtidig foretages energimæssig forbedring af tagkonstruktionen.</p> <p>Der er indført obligatoriske CE-mærkningsordninger for ovenlysvinduer pr. 1.2.2010, som betyder at der kan kræves dokumentation for bl.a. de energimæssige egenskaber, herunder U-værdi, g-værdi og transmissionsareal.</p> <p>Hvis et ovenlysvindue skal anvendes som redningsåbning i tilfælde af brand er der krav til åbningens størrelse.</p>
Produkt-henvisninger	Diverse producenter af ovenlysvinduer.
Litteratur	<p>Viden Om Vinduer: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/index.html</p> <p>Videncenter for energibesparelser i bygninger. Energiløsninger: udskiftninger af</p>

ovenlysvinduer: <http://www.byggeriogenergi.dk/25872>

Bolius faktablad om valg af ovenlysvinduer: www.bolius.dk

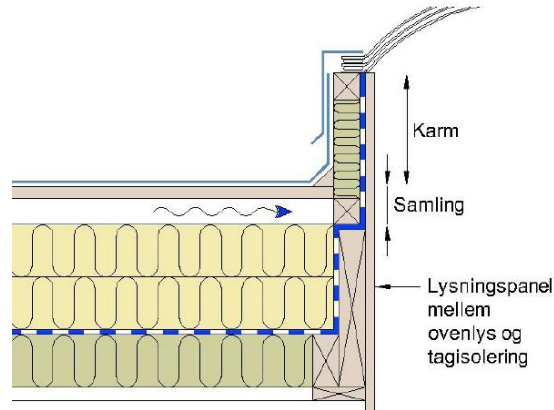
Problemområder	Udvendig tilslutning til klimaskærmen – skal være tæt over for nedbør og vind, og indvendig tilslutning – skal være lufttæt og tæt over for vanddamp.
Alternative løsninger	Lystunneler for lys til rum og gangarealer, der ligger midt i huset og ikke har vinduer i facaden. Hvis disse rum heller ikke ligger under tagfladen, er den eneste mulighed for at få dagslys at etablere en eller flere lystunneler. Lystunneler giver ikke problemer med overophedning.
Anlægspriser	Ovenlysvinduer koster omtrent det samme som facadevinduer Vindue med $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$: Index 100 Vindue med $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$: Index 145
Energibesparelse	Typiske ældre ovenlysvinduer har en U-værdi på $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det typiske ovenlysvindue på markedet i dag har en $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ med en 2-lags energirude og $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ med 3-lags energirude. Hvis der forudsættes samme g_w -værdi og linietaf i samlingen til tag før og efter udskiftningen, vil man opnå en energibesparelse på ca. $140 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ med et vindue med 2-lags energirude og $200 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$ med en 3-lags rude.
Økonomi	Teknisk levetid: 30 år (ca. 15 år for rudedelen) Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Omtrent uændret Der kan forventes en energisparepris på ca. $0,70 \text{ kr/kWh}$ ved udskiftning af ældre ovenlysvinduer til en lavenergiversión ($U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$) i stedet for et almindeligt nyt ovenlysvindue ($U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$).

3.7 Skifte/etablere ovenlyskupler

Generelt

Udskiftning og etablering af ovenlyskupler i bygninger med flad tagkonstruktion udføres oplagt i forbindelse med tagrenovering. Udskiftning af ovenlyskupler vil typiske have en betydelig energibesparende effekt. Nyetablering af ovenlyskupler kan være relevant for at få mere lys i dybe rum eller tagetager.

Skitse



Samling mellem ovenlyskupel og tag

Kilde: Videntcenter for energibesparelser i bygninger

Teknik

Ovenlyskupler har de samme fordele som ovenlysvinduer; giver mere lys end facadevinduer og reducerer elforbruget til belysning og varmekonsumet via et betydeligt solvarmetilskud. Ovenlyskupler kan udstyres med afskærmning for at begrænse overophedning i sommerhalvåret, og minimere varmeudstråling om natten i vinterhalvåret.

Ovenlyskupler af plastmateriale såsom akryl eller polykarbonat vil med tiden få en forringet sollys transmittans i takt med, at plasten forgår. En udskiftning af udslidte ovenlyskupler giver umiddelbart både en reduktion af varmetabet, samt et forøget lysindfald. Et forringet lysindfald, som følge af efterisolering af taget og øget tagtykkelse kan kompenseres ved en affasning af lysskakten, så lysningspanelerne får en hældning på f.eks. 45°.

I forbindelse med udskiftning af ældre ovenlyskupler med nye, er det værd at undersøge, om det er muligt, at indbygge et eller flere ekstra ovenlyskupler. Hermed opnås lysere rum og energibesparelser fra den elektriske belysning uden nødvendigvis at øge opvarmningsbehovet (tagets varmetab øges, men det opvejes omtrent af et større gratisvarmetilskud fra solen). Det bør også undersøges om ovenlyskupler kan omplaceres for bedre udnyttelse i forhold til lys og energi.

Ovenlyskupler stikker ud fra tagkonstruktionen og linietafværdien for samlingen til taget er derfor typiske på et højere niveau end for yderligt siddende facadevinduer. Den pågående produktudvikling inden for området peger mod ovenlyskupler med indvendige isolerende ruder, som reducerer varmetabet betydeligt, og som kan leve op til forventede fremtidige skærpede energikrav.

Anvendelse

Udskiftning af ældre ovenlyskupler i forbindelse med tagrenovering, hvor også etablering af ekstra vinduer eller omplacering er relevant. Nyetablering er især relevant i bygninger med dybe rum og små eller lavt siddende facadevinduer.

Barrierer

Umiddelbart ingen.

Vurdering

- Indeklima

Nyetablering af ovenlyskupler i mørke rum vil give bedre dagslysindfald og alt andet lige et mindre elforbrug. Udskiftning af ældre ovenlyskupler giver betydelig energibesparelse og forbedre indeklima i form af mindre træk pga. bedre

	tæthed og varmere overflader.
- Brugerkomfort/-venlighed	Der fås en række tilbehørsprodukter til at skærme mod især lys og varme, f.eks. udvendig solafskærmning ved stort solindfald, et materiale i ovenlyskuplen til reduktion af solindfaldet eller indvendig solafskærmning til reduktion af eventuelt generende blænding.
- Drift og vedligehold	Typiske opnås ved udskiftning færre problemer med kondens og fugt på og omkring vinduet med deraf følgende bedre holdbarhed af vindue og tagkonstruktion og dermed færre udgifter til drift og vedligeholdelse.
- Arkitektur	Skift/etablering af ovenlyskupler er sjældent problematisk med hensyn til bygningens arkitektur.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant
Myndighedskrav	BR2010: Udskiftning af ovenlyskupler: $U_w \leq 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (inkl. karm) Dette krav forventes skærpet til $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ i BR2015. Ved samtidig energimæssig forbedring af tagkonstruktionen må linietalet for samlingen mellem ovenlyskuppel og tagkonstruktion højst være $0,10 \text{ W/mK}$. Der er indført obligatoriske CE-mærkningsordninger for ovenlyskupler pr. 1.10.2009, som betyder at der kan kræves dokumentation for bl.a. de energimæssige egenskaber, herunder U-værdi, g-værdi og transmissionsareal.
Produkt-henvisninger	Diverse producenter af ovenlyskupler.
Litteratur	Viden Om Vinduer: http://www.byg.dtu.dk/upload/centre/bfi/vinduer/index.html Videncenter for energibesparelser i bygninger. Energiløsninger: Udskiftninger af ovenlyskupler: http://www.byggerienergi.dk/25872 Bolius faktablade om valg af ovenlyskupler: www.bolius.dk
Problemområder	Udvendig tilslutning til klimaskærmen – skal være tæt over for nedbør og vind. Indvendig tilslutning – skal være lufttæt og tæt over for vanddamp.
Alternative løsninger	Ingen.
Anlægspriser	Ovenlyskupler er typisk dyrere end facadevinduer/tagvinduer.
Energibesparelse	Ældre ovenlyskupler, f.eks. i akryl: U-værdier på op til $4,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Akrylkupler med 3 lag akryl eller polykarbonatplader (20 mm) og isoleret karm: $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ Akrylkupler med 4 lag akryl eller polykarbonatplader (25 mm) og isoleret karm: $U_w = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ Glasplanlys med 3-lags energirude og isoleret karm: $U_w < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ Forudsat skift fra en ældre til ny ovenlyskuppel ($U_w = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$), og samme g_w -værdi og linietalet i samlingen til tag før og efter udskiftningen, kan der spares ca. $300 \text{ kWh/m}^2/\text{år}$.
Økonomi	Teknisk levetid: 30 år (ca. 15 år for rudedelen) Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Omtrent uændret Hvis der forudsættes en merpris på 25 % i forhold til facade- og tagvinduer og at tiltaget alene udføres for at spare energi, kan der regnes med en energisparepris på ca. $0,40 \text{ kr/kWh}$ ved udskiftning af ældre ovenlyskuppel med ny med 4 lag akryl ($U_w = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$)

4 Glasfacader inkl. solafskærmning + belysning

4.1 Efterisolering med glasfacader i betonelementbyggeri

Generelt

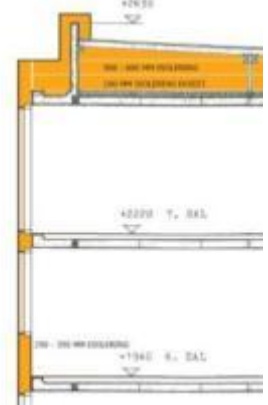
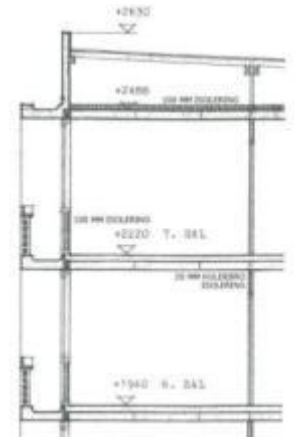
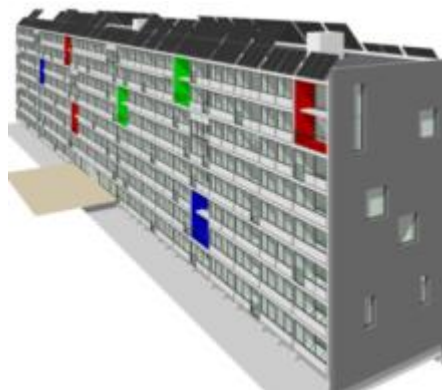
Forslaget omhandler efterisolering af ydervæg med altaner i en typisk etageboligejendom. Kuldebroerne ved altantilslutningen er hovedproblemet, hvorfor det ofte vil være hensigtsmæssigt at flytte facaden helt ud foran altanen. Øvrige facader kan efterisoleres udvendig som normalt.

Skitse

Eksempel:

Gellerupparken

Idé: Creo Arkitekter A/S,
Odense



Teknik

Uden for de eksisterende altaner opføres en ny selvstændig facade, enten som selvbærende konstruktion eller båret af bærende betonelement-tværvægge. Den nye facade kan udføres som en let, transparent løsning, med relative stor glasandel for at sikre tilstrækkeligt dagslys til rummene indenfor den tidligere altan. For at holde energirammen vil det normalt være nødvendigt at vælge et fast, isoleret parti (brystning) i den nederste del af facadeløsningen.

Anvendelse

Løsningen kan anvendes ved de fleste etageboliger opført som betonelementbyggeri, hvor der enten er selvstændige altaner (adskilt ved lejlighedsskel) eller gennemgående altangange.

Barrierer

Der er tale om et meget omfattende renoveringstiltag, som i de fleste tilfælde vil kræve midlertidig fraflytning af beboerne samt betydelige huslejeforhøjelser. Tiltag der er så radikale må altid vurderes i forhold til omkostningerne ved nybyggeri.

Vurdering

Tiltaget medfører en forøgelse af det udnyttede boligareal på bekostning af en ofte meget højt prioriteret altan. I nogle tilfælde kan tiltaget suppleres med nye altaner, fx opbygget som 'altantårne', men denne mulighed forudsætter at rumindretningen tillader dette.

Indeklima

Det termiske indeklima vil ofte blive forbedret på grund af mindre træk og mindre kuldestråling. Dagslyset vil normalt blive reduceret i de oprindelige rum, der derfor

	bør åbnes mest muligt ud mod den nye udvidelse.
Brugerkomfort/-venlighed	Tiltaget er særligt egnet i relativt små lejligheder, hvor en boligudvidelse ofte vil blive prioriteret højere end altanen.
Drift og vedligehold	Tiltaget kan i nogle tilfælde medføre en reduktion i vedligeholdelsesudgifterne, og vil være særligt egnede i tilfælde, hvor den eksisterende ydervæg alligevel skal renoveres.
Arkitektur	Selv om der er tale om et drastisk indgreb i den eksisterende arkitektur, kan der normalt designes en løsning, som ikke forringer bygningens udtryk. Det vil ofte være anbefalelsesværdigt at arbejde med en vis variation i facaden (jf. eksemplet).
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet
Myndighedskrav	BR 2010 kræver at opholdsrum i boliger er velbelyste. Se også SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger.
Produkt-henvisninger	Facadebranchens hjemmesider m.v.
Litteratur	SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger.
Problemområder	Ingen problemområder.
Alternative løsninger	Udvendig efterisolering kan gennemføres på flere måder, og i hvilken grad glas vil dominere løsningen afhænger især af dybden af rum, som vender ud mod eksisterende altaner.
Anlægspriser	Tiltaget vil i mange tilfælde være eneste mulighed for at renovere en altanfacade til lavenergiklasse, så hvis bygningen ønskes bevaret, er anlægsprisen ikke så afgørende, og kan kun vurderes i den totale sammenhæng.
Energibesparelse	Hvis glasandelen i den nye facade kan holdes under ca. 0,6 (60 %) kan tiltaget indgå i en totalrenovering til lavenergiklasse 1.
Økonomi	I den tekniske levetid må der skelnes mellem selve konstruktionssystemet og rudernes levetid. Rudernes skønnes at være 15-20 år, afhængig af konstruktionsudformning. Tiltaget medfører ikke forøgede driftsudgifter (evt. reducerede). Tilbagebetalingstiden må vurderes i forhold til renoveringstiltag, som i alle tilfælde skulle gennemføres, men vil typisk være 15-30 år.

4.2 Effektiv solafskærmning for regulering af solindfald og dagslys

Generel beskrivelse Solafskærmningen vil altid indgå som et element i en glasfacade, idet den er afgørende for at facadesystemet kan opfylde både energimæssige og komfortmæssige krav. I forbindelse med glasfacader kan der anvendes mange forskellige typer, hvoraf de mere innovative er opbygget således at de er bedre i stand til at regulere på dagslyset. Ved hjælp af specialudviklede profiler eller mikrostrukturer kan nogle systemer blokere for eller redirigere direkte sollys, mens de tillader diffust himmellys at passere. Regulering af solafskærmninger og dagslyssystemer er i de seneste år blevet udviklet til i højere grad at fungere som en integreret del af hele klimareguleringen.

Skitse

Fotos viser to uhensigtsmæssige former for solafskærmninger: A) faste lameller i tegl og B) solafskærmende ruder plus gardiner. Til højre en god, regulerbar afskærmning i form af udvendige persiener, som kan trækkes helt fra eller lamellerne kan drejes for optimal regulering af solindfald og dagslys.



Teknik

Afskærmningen, fx i form af en persienne eller en screen, monteres udvendigt på eksisterende facade. Energimæssigt har solafskærmningen to vigtige funktioner: Afskærmningen skal kunne blokere effektivt for uønsket solvarmetilførsel, men den skal også kunne tillade maksimalt solvarmetilskud i opvarmningssæsonen. Ofte tages der kun hensyn til den solafskærmende funktion, og derfor anvendes alt for ofte faste former for solafskærmninger, fx i form af faste lameller eller som solafskærmende ruder. Det forekommer ret sjældent, at solafskærmninger eftermonteres på en eksisterende bygning som et enkeltstående energibesparende tiltag. Hovedårsagen til opsætning af solafskærmning på en eksisterende bygning er som regel, at den eksisterende løsning medfører dårligt indeklima i form af overophedning om sommeren og/eller hyppige gener af blænding fra sollyset.

Den energimæssige effekt af en ny effektiv solafskærmning afhænger især af tre forhold: Den eksisterende form for afskærmning, den samlede varmebelastning (intern varme og sol) af rummet bag afskærmningen samt måden den nye solafskærmning reguleres på. De største energibesparelser opnås i bygninger med mekanisk køling og/eller bygninger, hvor varmebelastningen er dimensionerende for den nødvendige ventilationsluftstrøm (om sommeren).

Anvendelse

Store vinduer (større end ca. 35 pct. glas i facaden) vil normalt kræve udvendig afskærmning for at der kan opretholdes et tilfredsstillende termisk indeklima. Markiser og lameller, fx persiener, kan normalt beskytte tilstrækkeligt mod blænding, mens screens (rullegardiner) må suppleres med en ekstra afskærmning, fx indvendige gardiner. Afskærmningen bør være forsynet med en automatisk regulering, der kan overstyres manuelt.

Barrierer

I nogle tilfælde vil det være vanskeligt eller måske umuligt at få fastgjort en udvendig afskærmning på den eksisterende facade. Eftermontering vil derfor ofte byde på både æstetiske og tekniske udfordringer. Ved monteringen skal det klarlægges, hvordan solafskærmningen skal fungere i kombination med oplukkelige vinduer. Både udvendige

og indvendige afskærmninger kan komme i konflikt med vinduesoplukning, og ofte er der behov for begge dele samtidigt.

Vurdering	Tiltaget gennemføres sjældent som en enkeltstående energibesparende foranstaltning. Men i forbindelse med renovering af ventilations- og køleanlæg kan der være god grund til samtidig at overveje/beregne hvor meget den samlede varmebelastning kan reduceres, fx for at kortlægge, om behovet for mekanisk køling helt kan elimineres.
- Indeklima	Udvendig solafskærmning vil medføre en klar indeklimamæssig forbedring. Afskærmningen bør være regulerbar og have automatik, således at dagslyset reduceres mindst muligt og udsynet bevares, når afskærmningen er i funktion.
- Brugerkomfort/-venlighed	Den automatiske regulering bør kunne overstyres manuelt, således at brugerne selv kan regulere på solindfald og dagslys.
- Drift og vedligehold	Udvendige solafskærmninger medfører øgede vedligeholdelsesudgifter, idet der må regnes med en vis regelmæssig service.
- Arkitektur	Det vil ofte være en stor æstetisk udfordring at få integreret en udvendig solafskærmning i en eksisterende facade. Dette er formentlig også grunden til, at sådanne afskærmninger ikke findes på mange nyere bygninger, hvor de burde have været integreret ved bygningens opførelse.
Myndighedskrav	Bygningsreglement 2010 kræver i kapitel 6.5.2: "Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås".
Produkt-henvisninger	http://www.sola.dk/ , Brancheforeningen for solafskærmningsfabrikanter i Danmark. Diverse solafskærmningsfabrikanter.
Litteratur	Johnsen, K. og Christoffersen, J. Dagslys i rum og bygninger. SBI-anvisning 219. Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Hørsholm, 2008.
Problemområder	Det kan i visse tilfælde være vanskeligt at integrere en udvendig solafskærmning i en eksisterende facade.
Alternativ løsning	Hvis facadens glasandel (glasareal/indvendigt facadeareal) er mindre end 35 %, eller hvis facadens orientering er mere end 45 grader fra syd, kan solafskærmningen eventuelt klares ved hjælp af en indvendig afskærmning.
Anlægspriser	Anlægsprisen afhænger stærkt af typen af solafskærmning, og af i hvilken grad afskærmningen er integreret i den samlede (renoverede) facadeløsning. Priserne kan variere fra 500 – 5.000 kr./m ² solafskærmning inkl. montering
Energibesparelse	En effektiv udvendig solafskærmning kan typisk reducere varmebelastningen i sydvendte rum på kritiske sommerdage med 12 - 18 W/m ² , svarende til en reduktion af 'energibelastningen' på 20 - 30 kWh/m ² gulvareal (dagtimer i sommerhalvåret), afhængigt af facadens rudeandel og rumdybden. Den faktiske energibesparelse afhænger af, i hvilken udstrækning den reducerede varmelast medfører reduktion i ventilations- og kølebehov. Hvis bygningen har mekanisk køling, vil energibesparelsen typisk være af samme størrelsesorden som reduktionen i 'energibelastningen'.
Økonomi	Teknisk levetid bør næppe sættes højere end 10 - 15 år. For meget robuste afskærmninger kan den sættes højere.

4.3 Etablering af solvægge

Generelt

Etablering af solvægge på en solvendt facade er en mulighed for dels at forbedre facadens energimæssige tilstand og dels at beskytte den eksisterende facade med et lag glas eller transparent isolering. Der findes fem principielt forskellige typer solvægge der benævnes: massevæg, Trombé-væg, internt ventileret solvæg, recirkulation af rumluft og solvæg til forvarmning af ventilationsluft. Funktionen varierer lidt, men hovedprincippet er at facaden beklædes med glas som sikrer at solens varme fanges hvorefter den på forskellig vis transporteres ind i bygningen.

Skitse



Fra venstre: massevæg, Trombé-væg, internt ventileret solvæg, recirkulation af rumluft og solvæg til forvarmning af ventilationsluft.

Teknik

Massevæggen består af et translucent eller transparent dæklag monteret på en tung ydervæg (termisk tung). Solen opvarmer væggen overflade. Varmen transporteres gennem væggen til rummet via varmeledning (transmission) med en vis tidsforskydning f.eks. 6-8 timer. Ved beskedent solindfald tilføres der ikke varme til rummet, men på grund af den lagrede varme i væggen (den termiske masses lagringsevne) reduceres varmetabet fra rummet og ud gennem væggen.

I Trombevæggen (Opkaldt efter opfinderen Trombe) cirkuleres rumluften direkte mellem dæklaget og væggen. Varmen overføres til rummet via den cirkulerende luft, der ledes ind/ud gennem spalter i væggen og indirekte via varmeledning gennem væggen.

I den internt ventilerede solvæg cirkuleres luften mellem to lodrette spalter i solvæggen. Den yderste spalte er mellem det translucente dæklag og den isolerede ydervæg, mens den inderste spalte er mellem den isolerede ydervæg og den tunge indervæg. Her udnyttes både varmekonvektion (luftcirkulationen) og varmeledning som i massevæggen.

I solvægge til recirkulation af rumluft cirkuleres luften imellem solvæggen og rummet. Denne type fungerer principielt som en Trombevæg, men med en absorber mellem dæklaget og luftstrømmen.

I solvægge til forvarmning af ventilationsluft cirkulerer luft bag et dæklag og foran ydervæggen, der kan være massiv eller isoleret. Er ydervæggen massiv (termisk tung) vil varmeophobningen reducere bygningens varmetab, hvilket yderligere kan reduceres ved at tilføje translucent/transparent isolering i dæklaget. Er ydervæggen traditionelt isoleret, vil den derigennem modvirke varmetab, men bidrage mindre med lagringseffekt.

Anvendelse

Etablering af solvægge er anvendelig for bygninger uden bevaringsværdige facader hvor der er dårligt isolerede, tunge, solvendte facadepartier. I tilfælde med bevaringsværdige facader er det nødvendigt at anvende andre metoder til at nedbringe energiforbruget. Tiltaget anvendes ofte i situationer, hvor der er problemer med dårligt isolerede mure, kolde flader, og hvor de udvendige overflader har behov for en ekstra beskyttelse.

Solvægge til forvarmning af ventilationsluft giver typisk de største energitilskud af de fem typer.

Barrierer

Facadernes karakter ændres markant ved introduktion af en ny glasoverflade, og den renoverede bygning vil optræde med et anderledes udseende end de

	omkringliggende bygninger af samme alder.
Vurdering	Erhvervsvirksomheder, husejere mv. ønsker moderne udseende med signalværdi, et sundt og godt indeklima samt lavt energiforbrug vil med fordel kunne udnytte denne teknologi.
- Indeklima	Etablering af solvægge kan bidrage positivt til bygningens indeklima, idet kuldebroer elimineres og fugtproblemer forebygges. Det skal dog sikres at luftbevægelser fra solvæggen og ind i opholdszonen sker så der ikke opstår trækgener i perioder uden solindfald.
- Brugerkomfort/-venlighed	Komforten kan blive væsentlig forbedret som et resultat af tættere og varmere ydervæg samt evt. forvarmning af ventilationsluft.
- Drift og vedligehold	Etablering af en ny regnskærm i form af et glaslag vil medvirke til at reducere vedligeholdelsesomkostningerne i de tilfælde hvor den oprindelige facade er nedbrudt. Ved solvægsløsninger er det muligt let at udskifte dæklaget uden at påvirke selve bygningen.
- Arkitektur	Udvendige glaslag ændrer bygningens ydre fremtræden og giver derved ældre bygninger et nyt og moderne udtryk.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant.
Myndighedskrav	BR 2010 krav om U-værdi på maksimalt 0,20 W/m ² K, hvis regnskærmen udskiftes eller ved større renoveringer (25 % regel opfyldt - gælder ikke enfamiliehuse). For alle bygninger gælder det at efterisolering til det anførte niveau kun skal udføres, hvis det er rentabelt. Er et mindre omfattende tiltag rentabelt, skal dette udføres. Det kan være vanskeligt at opnå dette niveau i passiv isoleringsevne og der er behov for beregninger i hvert enkelt tilfælde der dokumenterer at solvæggens evne til at opfange og transportere solvarme ind i bygningen kompenserer for dette krav.
Produkt-henvisninger	www.solarwall.dk
Litteratur	Rasmussen K.B. & Rasmussen O. (ed). Luftsolvarmeanlæg – luftsolfangere og solvægge. BPS publikation 133, maj 2000. Wittchen K.B. & Svensson O. Facaderenovering med glas – et forsøgsbyggeri i ældre etageboligbyggeri. Projekt renovering, projekt 189. Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2003. Wittchen K.B. Facaderenovering med glas – resultater. By og Byg Resultater 005. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, 2001. Sander K. et al. Solvægge. www.bolius.dk/viden-om/facader-og-tage/artikel/solvaegge/ COWI m.fl. (1999). 2. Generations solvægge - Bygningsintegreret solenergi. Slutrapport. (ENS-1213/97-0018)
Problemområder	Der skal i forbindelse med de typer som bygger på lufttransport fra solvæggen og ind i bygningen sikres at luften kan tilføres rummene uden at der opstår trækgener.
Alternativ løsning	Udvendig efterisolering.
Anlægspriser	Priser er baseret på V&S Renovering og drift brutto 2008. Prisen for etablering af solvæg til forvarmning af ventilationsluft med dæklag bestående af 100 mm translucent isolering er på niveau med udvendig facadeisolering. Denne konstruktion giver den optimale ydelse fra solvæggen.
Energibesparelse	100 – 230 kWh/m ² solvæg pr. år afhængigt af hvilken type dæklag der benyttes (almindeligt glas til transparent/translucent isolering) og hvordan den eksisterende

facade udnyttes til at absorbere solvarmen (farve og ekstra udvendig isolering).
Den valgte løsning giver et udbytte på ca. 230 kWh/m² solvæg pr. år.

Økonomi

Teknisk levetid: 25 - 50 år i praksis.

Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Eventuelle merudgifter afhænger af hvilken renoveringsløsning der vælges, samt den eksisterende konstruktion.

4.4 Altaninddækning

Generelt

Etablering af glaslukkede altaner giver mulighed for at reducere varmetabet gennem den del af facaden som den lukkede altan dækker. Der er to forskellige principper for glaslukning af altaner. Det første princip bygger på en uisoleret, ikke tæt løsning hvor det etablerede uderum fungerer som bufferzone der giver et lidt mildere klima end omgivelserne. Alternativt kan der benyttes en tæt løsning med lavenergiruder i altanens facader.

Skitse



Venstre: altanlukning med utætte samlinger mellem glassene. Højre: altanlukning med lavenergiruder og isoleret brystning.

Teknik

Lukning af altaner efter princippet med enkelte glaslag og utætte samlinger mellem glassene giver en begrænset energibesparelse idet altanen fungerer som en bufferzone med et lidt mildere klima end i det fri. Typisk vil temperaturen i opvarmningssæsonen på en sådan altan være 3-8 °C over udetemperaturen afhængig af altanens orientering. Det betyder at varmetabet gennem den del af bygningen som vender ud mod altanen bliver reduceret med op imod 50 %. Afhængig af hvor stor en del af facaden (40–100 %) der dækkes af glaslukkede altaner er det teoretisk muligt at reducere energiforbruget i bygningen med 7 til 15 %.

For at sikre energibesparelsen er det vigtigt at gøre brugerne opmærksom på korrekt anvendelse af altanen. Dette kan fx gøres ved automatisk at lukke for varmen i rummet bag altanen når der står åbent ud til altanen. Alternativt kan der etableres en termostatstyret alarm som giver signal hvis dør eller vindue mellem bygningen og altanen står åben i længere tid når temperaturen på altanen er lavere end temperaturen i rummet bagved som fx kendes fra moderne fryse- og køleskabe.

Lukkede altaner hvor der er anvendt lavenergiruder og isolerede brystninger i altanen bidrager ikke nødvendigvis til energibesparelser. Da den glaslukkede altan er godt isoleret vil der være en risiko for at beboerne opfatter den som en del af det beboede areal og derved vil ønske at opvarme altanen selvom denne mulighed ikke var tiltænkt. Opvarmningen kan ske enten ved at lade døren til de bagvedliggende rum stå åben eller ved at montere en el-radiator på altanen. Denne løsning giver dermed ikke en sikker energibesparelse, men giver til gengæld en udvidelse af bygningens opvarmede areal.

Anvendelse

Etablering af glaslukkede altaner er anvendelig for bygninger uden bevaringsværdige facader hvor der er dårligt isolerede facadepartier som kun vanskeligt lader sig efterisolere. I tilfælde med bevaringsværdige facader er det nødvendigt at anvende andre metoder til at nedbringe energiforbruget. Tiltaget anvendes ofte i situationer, hvor der er problemer med dårligt isolerede mure, kolde flader samt i forbindelse med små lejligheder for på denne måde at øge herlighedsværdien.

Barrierer

Facadernes karakter ændres markant ved introduktion af nye glasoverflader i forbindelse med nye eller eksisterende altaner, og den renoverede bygning vil optræde med et anderledes udseende end de omkringliggende bygninger af samme

	alder.
	Glaslukning af eksisterende altaner eller etablering af nye glaslukkede altaner vil forringe dagslysforholdene i de bagvedliggende rum og dermed øge behovet for kunstlys. Forringelsen kan reduceres ved bevidst valg af glastype i altanen, brug af lyse farver i altanernes loft og sider, samt evt. at hæve altanen et eller to trin, for at give bedre udsigt til himlen fra den underliggende bolig.
Vurdering	Boligselskaber der ønsker at øge herlighedsværdien af deres ejendomme og samtidig reducere varmeregningen for beboerne vil med fordel kunne udnytte denne teknologi.
- Indeklima	Etablering af glaslukkede altaner kan bidrage positivt til bygningens indeklima, idet kuldebroer elimineres, fugtproblemer forebygges og trækgener reduceres. Der skal dog sikres tilstrækkelige ventilation i de bagvedliggende rum efter etablering af glaslukkede altaner.
- Brugerkomfort/-venlighed	Komforten kan blive væsentlig forbedret som et resultat af tættere og varmere ydervæg.
- Drift og vedligehold	Etablering af en ny regnskærm i form af et glaslag vil medvirke til at reducere vedligeholdelsesomkostningerne i de tilfælde hvor den oprindelige facade er nedbrudt.
- Arkitektur	Udvendige glaslag ændrer bygningens ydre fremtræden og giver derved ældre bygninger et nyt og moderne udtryk.
Energiforsyningsnet	Ikke relevant.
Myndighedskrav	BR 2010 krav om U-værdi på maksimalt 0,20 W/m ² K, hvis regnskærmen udskiftes eller ved større renoveringer (25 % regel opfyldt - gælder ikke enfamiliehus). For alle bygninger gælder det at efterisolering til det anførte niveau kun skal udføres, hvis det er rentabelt. Er et mindre omfattende tiltag rentabelt, skal dette udføres. Hvis en glaslukket altan opbygges som en tæt konstruktion med lavenergiruder og isolerede brystninger med henblik på opvarmning skal disse krav overholdes. Er der derimod tale om uopvarmede altaner er der ikke de samme krav til isoleringsniveauet. Ved etablering af nye altaner eller udvidelse af eksisterende altaner skal det dog sikres at bebyggelsesprocenten stadig overholdes.
Produkt-henvisninger	Facadelukningsfirmaer generelt.
Litteratur	Wittchen K.B. & Svensson O. Facaderenovering med glas – et forsøgsbyggeri i ældre etageboligbyggeri. Projekt renovering, projekt 189. Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2003. Wittchen K.B. Facaderenovering med glas – resultater. By og Byg Resultater 005. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, 2001. Svensson O & Wittchen K.B. Nye glastilbygninger i ældre etageboligbyggeri. SBI rapport 286. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, 1998.
Problemområder	Der skal i forbindelse med etablering af glaslukkede altaner sikres et tilstrækkeligt luftskifte i de bagvedliggende rum. Desuden bør der i videst muligt omfang arbejdes med løsninger der sikrer en så god tilgang af dagslys til bygningen som muligt.
Alternative løsninger	Udvendig efterisolering der også kan benyttes som supplement på de dele af facaden som ikke er beskyttet af en glaslukket altan.
Anlægspriser	Priser er baseret på V&S Renovering og drift brutto 2009. Prisen for glaslukning af altan som den uopvarmede version typisk 28.000 – 34.000 kr/altan ekskl. moms.

Energibesparelse

12 – 24 kWh/m² bolig pr. år afhængigt af hvor stor en del af facaden der dækkes af glaslukkede altaner og hvordan den eksisterende facade er isoleret. En kold altan der dækker ca. 40 % facaden giver typisk et udbytte på ca. 12 kWh/m² bolig pr. år.

Økonomi

Teknisk levetid: 25 - 50 år.

Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: Eventuelle merudgifter afhænger af hvilken renoveringsløsning der vælges, samt den eksisterende konstruktion.

4.5 Renovering af belysningsanlæg i større bygninger

Generel beskrivelse

Elforbruget til belysning udgør ofte en meget stor del (25 - 50 %) af det samlede elforbrug i større bygninger. Der er derfor også et meget stort besparelspotentiale, specielt i bygninger, hvor belysningsanlægget er mere end 10 - 15 år gammelt. Total renovering af et belysningsanlæg kan ske som et enkeltstående tiltag, men det vil ofte være hensigtsmæssigt at gennemføre det i kombination med en loftsrenovering og eventuel en renovering/vedligeholdelse af rummets øvrige overflader (vægge og gulv). Der bør samtidig laves en vurdering af dagslysadgangen til de enkelte rum, herunder om solafskærmningen er hensigtsmæssig med hensyn til at regulere på dagslyset og samtidig tillader maksimal dagslysadgang.

Skitse

Fotos viser belysningsrenovering af et klasse-lokale på en ældre skole. Samtidig med udskiftningen af belysning er der blevet malet og lagt ny gulvbelægning (lysere farver)



Teknik

Renoveringen vil ofte omfatte den totale installation, bestående af armaturer samt styrings- og reguleringsudstyr. Desuden vil det ofte være nødvendigt at etablere nye kabler (med flere ledere) og afbrydere for at opnå en energieffektiv regulering og en hensigtsmæssig zoneopdeling. Ved udskiftningen er der mange hensyn at tage: Lyskilder med høj effektivitet (lm/W) bør bruges, men der skal tages hensyn til lysfarve og farvegengivelse. Armaturet skal have en høj virkningsgrad men lysfordelingen fra armaturet og armaturenes placering i forhold til brugeren og reflekterende flader er afgørende faktorer for blanding. Elektronikken skal bruge så lidt effekt som muligt og understøtte lyskvaliteten. Lysstyringen skal understøtte brugernes behov og æstetik og bør sikre, at der er slukket eller dæmpet for lyset i de perioder /områder der ikke er brug for belysning. Rumindretning, farver samt solafskærmning bør tilpasses, således at dagslyset kan udnyttes maksimalt. I forbindelse med renovering af belysningen er der grund til at overveje, om det traditionelle princip med at fordele armaturerne til almenbelysningen jævnt over hele lokalet er ideelt i det konkrete tilfælde. Mere varieret belysning, hvor belysningskonceptet tilpasses den enkelte arbejdsplads eller grupper af arbejdspladser, vil ofte føre til bedre og mere fleksible løsninger. Flere undersøgelser har påvist, at personers behov for lys er forskelligt, og til kontorarbejdspladser vil de fleste personer foretrække at supplere almenbelysningen med en arbejdslampe. I renoveringsprojektet skal det derfor også præciseres, at der bør anvendes energieffektive arbejdslamper.

Anvendelse

Der eksisterer et meget stort potentiale for belysningsrenovering i alle typer af større bygninger: kontor og administration, handel og service samt institutioner. Renoveringen kan gennemføres som enkelttiltag, men det vil ofte være fordelagtigt at gennemføre den i kombination med andre tiltag.

Barrierer

Barriererne er små, idet der næsten altid kan opnås kvalitetsforbedringer samtidig med markante energibesparelser. I tilfælde, hvor belysningsrenoveringen af byggetekniske grunde må kombineres med andre større renoveringer (fx loftsstrukturen m.m.), kan økonomien blive en barriere.

Vurdering

Hvis belysningsrenoveringen gennemføres som en selvstændig foranstaltning, eller der kun betragtes marginalomkostninger, vil den ofte kunne gennemføres med en kort tilbagebetalingstid på 4-8 år.

- Indeklima	Renovering af et belysningsanlæg vil næsten altid medføre en markant forbedring af det visuelle miljø, såfremt det nye anlæg projekteres med hensyntagen til de aktiviteter, der foregår i rummet. Næsten alle ældre belysningsanlæg i større bygninger er projekteret ud fra at opnå et givet belysningsniveau på et vandret arbejdsplan, mens mange af de visuelle elementer i dagens typiske aktiviteter foregår på lodrette flader, fx skærmarbejde, videopræsentationer, etc. Derfor betyder lyset på de lodrette flader mere i dag, ligesom luminansen og luminansfordelingen, specielt på de lodrette flader, betyder mere for de visuelle påvirkninger, der sker i arbejdssituationen.
- Brugerkomfort/-venlighed	Hvor det er muligt, bør der i højere grad projekteres ud fra variation og dynamik i den kunstige belysning. Specielt i store rum, kan der opnås en markant komfortforbedring, hvis den projekterende fravælger det jævne, monotone belysningsniveau på 200 lux i hele rummet.
- Drift og vedligehold	Ved renovering af belysningsanlæg er der gode muligheder for at få reduceret drifts- og vedligeholdelsesudgifter. Der bør vælges rengøringsvenlige armaturer, ligesom der altid skal laves en vedligeholdelsesplan, som fx klart beskriver hvilke lyskilder, der anvendes i alle armaturer.
- Arkitektur	Lyset er afgørende for, hvordan brugerne oplever rummet. Derfor bør lægges vægt på at belysningsanlægget giver det optimale lys, der hvor der er brug for det, og understøtter aktiviteterne i rummet.
Myndighedskrav	Belysningsanlæg skal udføre i overensstemmelse med DS 700, der beskriver mindstekravene til "Kunstig belysning på arbejdspladser".
Produkt-henvisninger	Belysningsfabrikanter: http://www.faba.dk/ Program til lysberegninger: http://www.faba.dk/Default.aspx?ID=172
Litteratur	Claus Reinhold et. al. <i>Lysstyring</i> . SBI-anvisning 220. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, 2008. Traberg-Borup, Steen, Grau, Karl og Johnsen, Kjeld: <i>Effektiv belysning i kontor- og erhvervsbyggeri</i> , <i>En undersøgelse i ni kontorbygninger</i> , SBI 2005:06. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, 2005. Traberg-Borup, Steen og Clausen Vibeke. <i>Effektive belysningsanlæg i storrumskontorer</i> . By og Byg Resultater 032. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, 2004. Skindbjerg Kristensen, L., Traberg-Borup, S., Petersen, E., & Johnsen, K. (2004). <i>Lyset i skolen: Effektiv belysning med høj dagslysudnyttelse</i> , By og Byg Resultater 031. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut, 2004.
Problemområder	Ingen
Alternativ løsning	I nyere anlæg vil det somme tider være muligt at opnå pæne besparelser ved at skifte lyskilder og gitre, således at virkningsgraden hæves betydeligt.
Anlægspriser	Den totale anlægspris for et nyt belysningsanlæg afhænger stærkt af, hvilke øvrige tiltag, der iværksættes samt af hvilke styringskrav, der stilles til det nye anlæg (herunder om der kræves helt ny kabelføring). Typiske priser vil kunne variere fra 300 – 700 kr./m ² gulvareal.
Energibesparelse	I forhold til ældre anlæg vil den installerede effekt ofte blive reduceret med 30-50 %. Samtidig med en bedre lysstyring kan der derfor opnås besparelser på 40-60 %.
Økonomi	Den tekniske levetid bør næppe sættes højere end 10 år. En væsentlig forbedring af lyskvaliteten kan påvirke brugernes velvære, indlæring og produktivitet på måde så værdien har langt større betydning end energibesparelsen.

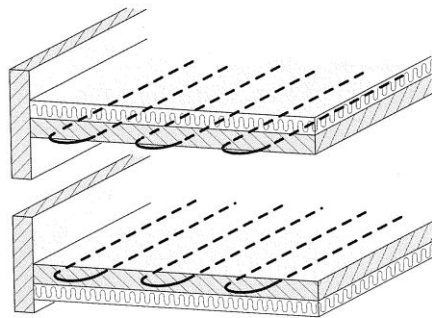
5 Installationer - vandbåret varme og køling

5.1 Skift til lavtemperaturopvarmning samt højtemperaturkøling med termoaktive bygningskomponenter

Generelt

En termoaktiv konstruktion er et væskebaseret opvarmnings- og kølesystem der udnytter hele konstruktionens overfladeareal samt bygningskonstruktionens masse. Ved at bruge termoaktive bygningskomponenter til opvarmning eller køling (f.eks. gulv, væg, loft systemer) udnyttes hele konstruktionens overflade i leveringen eller optagelsen af varmen i bygningen. Da arealet typisk er meget større end i et konventionelt system kan varmen leveres eller fjernes ved en temperatur der er tættere på rumtemperaturen end i konventionelle systemer. Gulv, væg og loftsystemer er ofte isoleret fra selve bygningsmassen og derfor udnyttes i mindre grad den termiske masse til oplagring. En anden type, hvor rørene er integreret i etageadskillelserne af beton el. lignende (TABS) udnyttes også bygningsmassen. Tiltaget virker ved at opvarme eller køle (aktivere) konstruktionen, hvorved massen af denne udnyttes. Fordelen ved dette system er at varme- eller køleanlæggets kapacitet kan sænkes i forhold til konventionelle systemer, da spidsbelastninger udjævnes når konstruktionens masse aktiveres.

Skitse



I en termoaktiv konstruktion cirkulerer den varme eller kolde væske i slanger der ligger dybt i konstruktionen. Herved udnyttes konstruktionens masse til at udjævne spidsbelastninger.

Teknik

Den almindeligste form er gulvvarme. Her findes systemer med en lav byggehøjde, der er specielt velegnede til renovering. I nogle tilfælde afhængig af rumhøjden kan det installeres oven på et eksisterende gulv. I andre tilfælde fjernes det gamle gulv, evt. yderligere isolering monteres før gulvvarmesystemet installeres. Væg og loftsystemer findes også på markedet til renovering.

En termoaktiv konstruktion er en tung bygningsdel med indstøbte væskeslanger hvori der cirkulerer varmt eller koldt vand. Ved at placere slangerne dybt i konstruktionen udnyttes massen til at udjævne spidsbelastninger, hvorved varme- eller kølekildens kapacitet kan sænkes. Opvarmningen vil ske fra et stort areal, hvilket betyder at fremløbstemperaturen fra varmekilden kan være tæt på den ønskede rumtemperatur. Ved køling kan optagelsen af varme ligeledes ske fra hele konstruktionens overflade, hvilket gør at kølemidlets fremløbstemperatur ikke behøver at være så lav. Som en konsekvens heraf mindskes tabene i rørene. Der vil ligeledes være en forøgelse af virkningsgraden af mange former for varmekilder (gaskedler, oliefyr, solvarme, varmepumper, fjernvarme), når vandet ikke behøver at blive varmet op til så høj en temperatur. Ligeledes vil køleanlæggets COP forøges når fremløbstemperaturen sænkes.

Anvendelse

Tiltaget kan være relevant ved renoveringer af etageadskillelse eller hvor gulvbelægning udskiftes. Tiltaget er relevant for både boliger og kontorer.

Barrierer	<p>Termoaktive bygningskonstruktioner i form af TABS kræver at overfladen er eksponeret, hvilket komplicerer den akustiske regulering af rummet. Desuden reagerer opvarmningssystemet langsomt hvilket gør det uegnet i situationer hvor man ønsker at ændre temperaturen over døgnet, eller hvor der i opvarmningssæsonen er stor variation i varmetilskuddet.</p> <p>Hvis fremløbstemperaturen fra varmekilden sænkes og denne også bruges til opvarmning af varmt brugsvand er det nødvendigt at ændre på forholdene omkring opvarmning af varmt brugsvand.</p>
Vurdering	<p>Implementering af termoaktive bygningskonstruktioner vil medføre at temperaturen i opvarmningssystemet kan sænkes. Desuden bliver spidsbelastninger udlignet pga. konstruktionens store masse.</p>
- Indeklima	<p>Termoaktive bygningskonstruktioner afgiver hovedsagligt energi vha. stråling, hvilket giver en jævn temperaturprofil fra gulv til loft. De tunge konstruktioner reagerer langsomt, hvilket stiller større krav til reguleringen af temperaturen.</p> <p>I storrumskontorer kan det være vanskeligt at regulere akustikken tilfredsstillende, da tiltaget kræver at overfladen af det termoaktive element er eksponeret til indeklimaet.</p>
- Brugerkomfort/-venlighed	<p>Tiltaget er ikke til gene for bygningens brugere og har derfor ingen negativ indvirkning på brugerkomforten.</p>
- Drift og vedligehold	<p>Er mindre vedligeholdskrævende end andre opvarmningssystemer idet varmeafgivere ikke kræver ekstra rengøring.</p>
- Arkitektur	<p>Tiltaget vil fjerne behovet for radiatorer, hvilket giver større arkitektonisk frihed. Til gengæld kræver det at opvarmningsfladen er eksponeret til indeklimaet.</p>
Energiforsyningsnet	<p>Tiltaget vil resultere i en forøgelse af virkningsgraden af varmekilden. Desuden vil tabene i transmissionssystemet mindskes.</p>
Myndighedskrav	<p>BR 2010 stiller krav om at bygningsdelene hvori varmeafgivere er indstøbt er forsvarligt isoleret mod naborum. Isoleringen mod naborum bør have en isolans på mindst 1,25 m² K/W.</p>
Produkt-henvisninger	<p>www.uponor.com, www.rehau.com,</p>
Litteratur	<p>SBI anvisning 175: Varmeanlæg med vand som medium</p> <p>DS 469 'norm for varmeanlæg', EN 15377</p>
Problemområder	<p>Systemet kræver at varmeblænde er eksponeret til indeklimaet. TABS egner sig ikke til renovering med mindre hele bygningen bliver udkernet. . Anlægget reagerer langsomt når der skal ændres rum temperatur derimod reagerer anlægget fint (på grund af selv-reguleringseffekten) ved ændringer af de interne belastninger (solindfald, personer mm)</p>
Alternative løsninger	<p>Reguleringen kan forbedres ved kombination med en ventilationssystem med forvarmet tilluft.</p>
Anlægspriser	<p>Selve systemkomponenterne (rør, montering) er relativt billige men ved renovering kræves der større lønudgifter til installering.</p>
Energibesparelse	<p>Hvor meget energi der kan spares afhænger af udgangspunktet. Men energieffektiviteten af kedler, varmepumper, nedsat fordelingstab vil medføre 10-30% besparelser.</p>
Økonomi	<p>Teknisk levetid 30-100 år.</p> <p>Driftsomkostninger vil kunne sænkes på grund af højere energieffektivitet.</p>

5.2 Skift til lavtemperaturopvarmning med radiatorer

Generelt	Virkningsgraden/effektiviteten af opvarmningssystemet kan forøges ved at sænke den temperatur som varmen levers ved. Hvis varmen leveres ved en temperatur der er nærmere på rumtemperaturen reduceres tabene i systemet. Afhængigt af varmekilden kan der ligeledes hentes energibesparelser ved varmeproduktionen. At sænke temperaturen kræver at det varmeafgivende areal forøges eller at varmebehovet sænkes. Tiltaget kan derfor være relevant ved renoveringer hvor varmetabet gennem klimaskærmen sænkes eller ved en renovering af varmeanlægget.
Skitse	
Teknik	<p>Ved at sænke fremløbstemperaturen af vandet til radiatorerne mindskes tabene i rørene. Der vil ligeledes være en forøgelse af virkningsgraden af mange former for varmekilder (gaskedler, oliefyr, solvarme, varmepumper, fjernvarme), når vandet ikke behøver at blive varmet op til så høj en temperatur.</p> <p>Når temperaturen af vandet i radiatorerne sænkes, bliver den arealspecifikke varmeafgivelse fra radiator til lokalet mindre. Derfor kræver tiltaget en forøgelse af radiatorarealet eller en formindskelse af opvarmningsbehovet.</p>
Anvendelse	Tiltaget kan være relevant ved renoveringer hvor varmetabet gennem klimaskærmen mindskes f.eks. ved efterisolering. Desuden kan tiltaget bruges i forbindelse med udskiftning af radiatorer eller anden renovering af varmesystemet.
Barrierer	Hvis fremløbstemperaturen fra varmekilden sænkes og denne også bruges til opvarmning af varmt brugsvand er det nødvendigt at ændre på forholdene omkring opvarmning af varmt brugsvand.
Vurdering	En sænkning af temperaturerne i opvarmningssystemet vil sænke energiforbruget ved at øge virkningsgraden, men tiltaget kan kun implementeres i sammenhæng med andre tiltag så som efterisolering eller renovering af varmeanlægget.
- Indeklima	Ingen implikationer
- Brugerkomfort/-venlighed	Tiltaget er ikke til gene for bygningens brugere og har derfor ingen negativ indvirkning på brugerkomforten.
- Drift og vedligehold	Det er ofte en god ide at gennemgå de hydrauliske forhold i varmesystemet i forbindelse med implementeringen af tiltaget, da disse vil ændre sig i visse tilfælde.
- Arkitektur	Hvis tiltaget implementeres i forbindelse med en forøgelse af radiatorarealet eller en indvendig efterisolering vil dette have implikationer for den indvendige arkitektur. Hvis der efterisoleres udvendigt vil den udvendige arkitektur selvsagt være påvirket.
Energiforsyningsnet	Tiltaget vil resultere i en forøgelse af virkningsgraden af varmekilden. Desuden vil tabene i transmissionssystemet mindskes.
Myndighedskrav	BR 2010 krav stiller krav om at alle nye anlæg skal kunne fungere ved lavtemperaturdrift.
Produkt-henvisninger	Dansk Energi Brancheforening: www.energibranchen.dk
Litteratur	SBI anvisning 175: Varme anlæg med vand som medium DS 469 'norm for varme anlæg'
Problemområder	Der er ingen større problemområder, dog skal man være opmærksom på at temperaturforskellen mellem varmt brugsvand og varmeforsyning bliver lille.
Alternative løsninger	Hvis gulv eller loft skal renoveres vil det være relevant at overveje lavtemperaturopvarmning vha. gulv eller loftvarme.

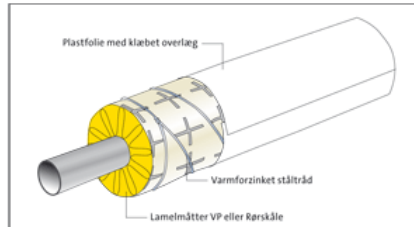
Anlægspriser	Evt. skal der en forbedret regulering installeres ellers kan eksisterende radiatorer normalt bruges.
Energibesparelse	Energibesparelspotentialet er svært at vurdere, da tiltaget kun er relevant i sammenhæng med andre renoveringstiltag. Desuden afhænger besparelsen af varmekilden. Tiltaget vil f.eks. resultere i en større besparelse med en kondenserende kedel end en ikke kondenserende kedel.
Økonomi	<p>Teknisk levetid 20-30 år</p> <p>Højere energieffektivitet af varmforsyningen og mindre fordelingstab kan resultere i 10-20% reduktion af varmeudgifterne.</p> <p>Tiltaget vil som regel kunne gennemføres ved at regulere på varmekilden og kræver dermed meget beskedne investeringer.</p> <p>Tilbagebetalingstiden, som må vurderes i forhold til de renoveringstiltag som i alle tilfælde skulle gennemføres, vil typisk være mellem 0 til 5 år.</p>

5.3 Teknisk isolering

Generelt

Teknisk isolering handler hovedsagligt om termisk isolering af rør, kanaler, dæksler, flanger, armaturer, kedler osv. Isoleringens formål er at minimere uønsket varmetab eller varmetilførsel.

Skitse



Skitser fra www.isover.dk og www.Rockwool.dk

Teknik

Varmetabene fra uisolerede rør kan i mange tilfælde være meget store. F.eks. kan varmetabene fra uisolerede fordelingsledninger med cirkulation til varmt brugsvand i mange tilfælde overstige forbruget af varmt vand. Installationerne isoleres for at hindre unødigt energiforbrug og for at sikre at rumtemperaturen kan reguleres. Installationerne bør isoleres i en grad så varmeafgivelsen herfra ikke på noget tidspunkt medfører temperaturstigninger i rummet på mere end 2 °C.

Anvendelse

Teknisk isolering er relevant i alle bygninger med vandbåret eller luftbåret varme eller køleanlæg.

Barrierer

Isoleringen vil øge dimensionerne af de tekniske installationer og øge pladskravene til dem.

Vurdering

Teknisk isolering er et tiltag som vil nedsætte unødigt energiforbrug. I visse tilfælde vil det gøre det lettere at regulere rumtemperaturen.

- Indeklima

Det termiske indeklima vil i nogle tilfælde blive forbedret, da mulighederne for at regulere rumtemperaturen vil blive forøget.

- Brugerkomfort/-venlighed

I de tilfælde hvor det termiske indeklima bliver forbedret vil brugerne opleve en forøgelse af komforten.

- Drift og vedligehold

I installationer som kræver vedligeholdelse med mellemrum skal den tekniske isolering udføres så isoleringen er let at fjerne og reetablere.

- Arkitektur

Pladskravet til de tekniske installationer vil forøges for at få plads til isoleringen.

Energiforsyningsnet

Tiltaget vil nedsætte energiforbruget. Kapaciteten af varme/køle systemet ændres dog ikke.

Myndighedskrav

BR08 stiller krav om ”alle dele af installationerne skal isoleres. Isoleringen udføres dog ikke, hvor den kan skade eller forringe installationen holdbarhed.” Kravene til transmissionskoefficienten afhænger af hvor mange timer om året anlægget er i drift samt temperaturforskellen over installationen.

Produkt-henvisninger

Danske isoleringsfirmaers brancheforening: www.dibnet.dk

Litteratur

DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer

Energihåndbogen – med råd og vejledning. Foreningen for energi og miljø.

Problemområder

Byggeteknisk forekommer der ingen større problemområder ved isolering tekniske installationer.

Alternative løsninger

Anlægspriser

Prisen afhænger af typen af installation samt tilgængelighedsforholdene.

Energibesparelse

(besparelserne er baseret på Energihåndbogen omtalt under ”litteratur”)

Hvis et 120 m langt rør med en temperatur på 70 °C befinder sig i 20 °C er i drift i 5000 timer om året isoleres i henhold til BR 2010 (50 mm) kan energitabet reduceres fra 39 000 kWh/år til 5760 kWh/år, hvilket svarer til over 85 %.

Økonomi

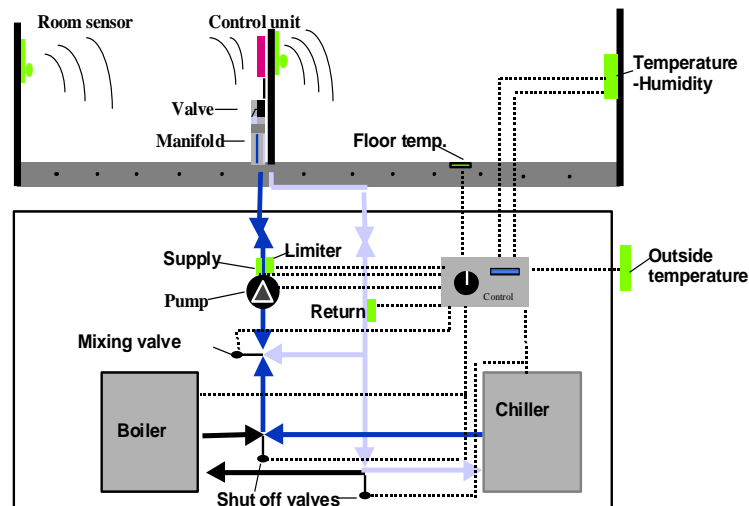
Både anlægspriser og energibesparelser varierer meget efter tilgængelighedsforholdene og den eksisterende isoleringsgrad. Som konsekvens af dette, kan der være store variationer i tilbagebetalingstiden i forskellige tilfælde. Typisk vil tilbagebetalingstiden være mellem 1 til 20 år.

5.4 Styring af vandbåret varme- og køleanlæg

Generelt

Forslaget omhandler udskiftning af eller indbygning af nyt regulerings systemer til styring af vandbåret varme- og køleanlæg. Det omhandler kun styring i rummet og det interne fordelingsnet. Effekten og behovet for udskiftning af styringen afhænger af om der allerede findes en styring og om huset samtidig bliver efterisoleret

Skitse



Teknik

Der skelnes her imellem central- og rumstyring. Den centrale styring anvendes til at regulere fremløbs vandtemperaturen (eller middelvandtemperaturen) afhængig af udetemperaturen til samtlige rum i en bolig (hus, lejlighed) eller zone i et større byggeri. Systemet består af en styreenhed, udeføler, fremløbs (og evt. returtempertaur) føler, samt eventuelt en rum- eller zone føler. Styreenheden har ofte mulighed for også at styre husets energiforsyning (kedel, varmeveksler, varmepumpe mm) og en eller flere cirkulations pumper og ventiler.

Rumreguleringen anvendes til at styre vandgennemstrømningen i de enkelte rum afhængig af rum temperaturen. Dette sker ofte ved en radiatortermostat (radiatorer) eller en væg føler (gulvsystemer, kølebafler, fan-coils, mm). Ved radiatortermostaten reguleres direkte på en radiatorventil der åbner eller lukker for vandet. Ved en vægføler er der enten kabelforbindelse eller trådløs forbindelse til en ventil der kan regulere på vandgennemstrømningen i det pågældende rum.

Anvendelse

Rumstyringen anvendes til at sænke eller øge varmetilførslen for at opretholde den rumtemperatur brugeren har indstillet. Rumstyringens formål er således at forøge komforten og nedsætte energiforbruget ved at undgå over opvarmning eller underafkøling.

Centralstyringen anvendes til at sørge for at vandtemperaturen i fordelingsnettet ligger så tæt på rumtemperaturen som muligt men samtidig tilstrækkelig til at kunne tilføre eller fjerne den nødvendige varme fra bygningen (rummet).

Vurdering

Bliver en bygning energirenoveret således at varmebehovet (kølebehovet) sænkes betydeligt bør styringen efterjusteres eller udskiftes til en mere moderne styring.

Der findes en lang række bygninger der ikke har automatisk rumregulering (enten radiatorer med manuelle ventiler eller ældre gulvvarmeanlæg uden rumstyring). Her anbefales det at skifte til en moderne styring. Da der i dag findes mange typer af trådløse styringssystemer kan installationen ske relativ hurtigt og uden væsentlige indgreb.

Den centrale styring kan med fordel udskiftes eller opgraderes således at

	mulighederne for en energieffektiv nat, week-end, eller ferie sænkning er muligt uden gener for brugeren.
-Indeklima	En forbedret styring vil samtidig medføre et bedre indeklima, da man i højere grad vil undgå overophedning og underafkøling.
-Brugerkomfort/-venlighed	En forbedret styring betyder at brugeren har mindre behov for at gribe ind. Desuden vil en forbedret styring ofte resultere i en forøgelse af den termiske komfort.
-Drift og vedligehold	Normalt er der ingen vedligeholdelse på nær at der måske skal skiftes batterier. Dette gælder især trådløse systemer.
-Arkitektur	Afhængigt af typen af rumføler kan det få indflydelse på indretningen. Her kan især anbefales en trådløs rumføler, der kan placeres efter indretningen, også når indretningen ændres.
Energiforsyningsnet	En forbedret styring af varme- og køleanlæg har ikke nogen indflydelse af eller på energiforsyningsnettet.
Myndighedskrav	I BR 2010 er der et krav til individuel rum regulering og en regulering af vandtemperaturen efter udeklimaet. I mindre anlæg kan fremløbstemperaturen dog reguleres manuelt. Med mindre anlæg refereres til anlæg der kun forsyner én bygning med højst to boligenheder og højst opvarmer 300 m ² .
Produkthenvisninger	Dansk Energi Branche forening: www.energibranchen.dk
Litteratur	DS469 Varmeanlæg m/ vand som varmbærende medium SBI-anvisning 175: Varmeanlæg med vand som medium
Anlægspriser	På grund af anvendelsen af wire-less teknologier bliver installationsudgifterne rimelige; men komponentprisen er væsentlig. Er det kun en radiatorventil der skal udskiftes vil det være meget billigt og kan udføres uden fagfolk.
Energibesparelse	Findes der ingen rumregulering kan der spares 10-30% ved installering af en moderne rumstyring. En opgradering af den central regulering kan spare 5-15%
Økonomi	Teknisk levetid (år): 15-30 år. Forbedret regulering kan medføre energibesparelser i størrelses orden 10-20 %. For at realisere tiltaget kræves investering i regulatorer samt installationsomkostninger. Tilbagebetalingstiden afhænger i høj grad af energibesparelsespotentialer og ligger som regel mellem 2 og 10 år.

6 Installationer - luftbåren varme, ventilation og køling

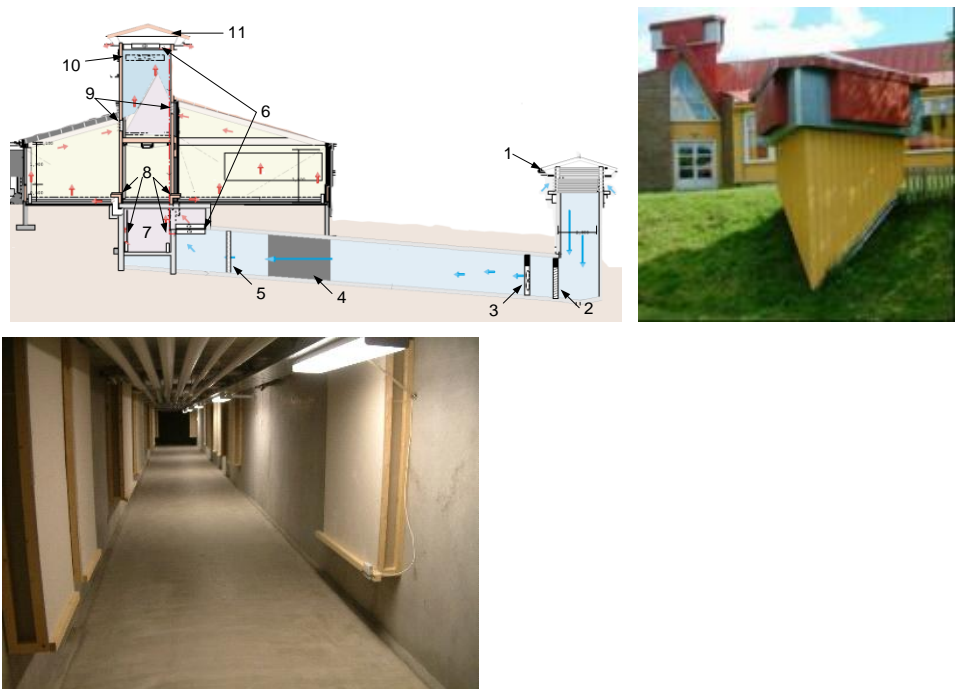
6.1 Forvarmning af ventilation i undergrund, også køling

Generelt

Temperaturen i undergrunden varierer mindre end udelufttemperaturen på grund af jordens store termiske masse. Det betyder, at jordtemperaturen i vinterperioden er højere end lufttemperaturen, hvilket kan udnyttes til forvarmning af indtagsluften og dermed reduktion af energiforbruget til opvarmning og frostsikring af ventilationssystemet. Jordtemperaturen vil også være væsentligt lavere end lufttemperaturen i varme sommerperioder, hvilket kan udnyttes til køling af indtagsluften og dermed frikøling af bygningen.

Skitse

Direkte System:



Teknik

Udveksling af varme mellem jorden og ventilationsluften foregår via nedgravede rør i jorden i 1-2 m dybde.

Systemet kan opbygges som et direkte system, hvor indtagsluften via et indtag over jorden strømmer gennem et eller flere rør/kanaler i jorden og udveksler varme inden indtaget i ventilationssystemets centralaggraget (varmeveksler). Rørene/kanalerne kan være placeret i jorden udenfor bygningen, under bygningen eller være en integreret del af bygningen i form af bygningsmæssige kanaler til føring af tekniske installationer. Systemet kan også være opbygget som et indirekte system, hvor varmevekslingen med jorden foregår via vandrør i jorden og varme overføres til luften via en vand til luft varmeveksler før centralaggregatet.

Anvendelse

I forbindelse med renovering er anvendelse mest fordelagtig, hvis eksisterende bygningsmæssige kanaler og eller kældergange kan anvendes til formålet eller hvis der i forbindelse med anvendelse af en jordvarmepumpe alligevel skal etableres et jordvarmesystem, således at etableringsomkostninger kan minimeres.

I vinterperioden er den primære funktion forvarmning til frostsikring af varmeveksler således at perioder med afrimning undgås og i sommerperioden er den primære funktion køling af udeluft i varme perioder. Sekundært vil jorden i sommerperioden blive yderligere opvarmet og dermed lagre mere energi til vinterperioden.

Barrierer	I forbindelse med renovering kan der være høje etableringsomkostninger i forhold til energibesparelsespotentialt.
Vurdering	
- Indeklima	Ved direkte systemer er der risiko for kondens i sommerperioden ligesom der vil foregå en vis partikelfiltrering med deraf følgende risiko for luftkvaliteten. Der er derfor afgørende at kanaler ligger med hældning og at der er adgang for inspektion og rengøring. Desuden må der tages hensyn til evt. problemer med radonindtrængning
- Brugerkomfort/-venlighed	Frikølingspotentialt i varme sommerperioder vil forbedre den termiske komfort.
- Drift og vedligehold	Direkte systemer har et meget lavt tryktab og giver derfor ikke anledning til forøgelse af energiforbruget til transport af luft. Direkte systemer kræver regelmæssig inspektion og rengøring. Indirekte systemer har energiforbrug til pumpedrift, der dog ved anvendelse af effektive pumper vil være lille i sammenligning med den høstede energi.
- Arkitektur	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på arkitekturen
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet
Myndighedskrav	-
Produkthenvisninger	-
Litteratur	Passive Cooling of Buildings. Editors M. Santamouris and D. Asimakopoulos, James & James, 1996, ISBN 1-873936-47-8. Marco Perino and Øyvind Aschehoug. Expert Guide – Part 2 Responsive Building Elements, Final report IEA ECBCS Annex 44 Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings, November 2009, www.civil.aau.dk/Annex44
Problemområder	Ved direkte systemer er kvaliteten i forhold til vand- og lufttæthed af kanalerne afgørende, ligesom risikoen for kondensering af vanddamp i sommerperioden skal vurderes.
Alternative løsninger	-
Anlægspriser	Ved direkte systemer afhænger prisen meget af i hvor høj grad systemet kan integreres i bygningen (anvendelse af eksisterende ingeniør- og kældergange). Ved indirekte systemer svarer anlægsprisen til prisen for etablering af jordvarmeslanger.
Energibesparelse	Energibesparelsespotentialt vedrører tre områder: Forvarmning af ventilationsluft (vil ved effektiv varmegenvinding have begrænset effekt) Frostsikring af varmeveksler (tilsning af effektive varmevekslere er et problem i vinterperioden med kraftig reduktion af effektiviteten i perioder med afrimning. Dog er der ikke tilstrækkeligt grundlag til vurdering af energibesparelsen på nuværende tidspunkt) Køling af udeluft i varme sommerperioder. Kan eliminere behovet for anvendelse af mekanisk køling
Økonomi	Der vil være betydelig variation i tilbagebetalingstiden, da anlægsprisen varierer meget i forhold til, i hvor høj grad allerede eksisterende anlæg kan udnyttes. Kan et allerede etableret jordvarmeanlæg eller eksisterende ingeniør-/kældergange udnyttes, vil den være meget kort.

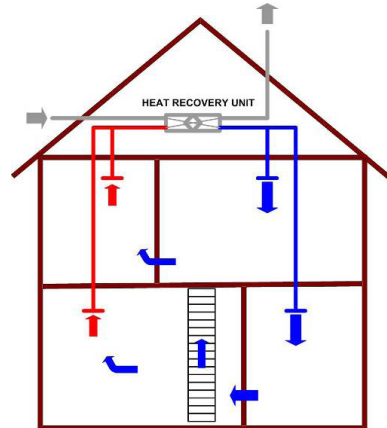
6.2 Ventilation med varmegenvinding: Naturlig, hybrid, mekanisk

Generelt

I mange eksisterende boliger og kontorer er der et stort potentiale i forbedring af indeklimaet og reduktion af energiforbruget ved indsættelse af et kontrollerbart ventilationssystem med varmegenvinding.

Typiske eksisterende systemer omfatter: Infiltration suppleret med naturligt aftræk og udluftning eller et naturligt indtag gennem friskluftventiler i facaden suppleret med mekanisk udsugning (emhætte, bad, toilet, ...). Dette medfører ukontrollerbar (og ofte utilstrækkelig) ventilation, der ikke kan tilpasses behovet, trækproblemer ved indtag / facade i vinterperioden, ingen eller lav varmegenvinding, ingen eller mangelfuld filtrering, CAV uden mulighed for behovsstyring.

Skitse



Teknik

Implementering af balanceret mekanisk ventilation i eksisterende bygninger kræver fleksible systemløsninger, der kan tilpasses den aktuelle situation (håndtere barriererne). Der skal findes plads til et hensigtsmæssigt placeret teknikrum (ofte i kælder og/eller på uudnyttet loft). Ventilationskanaler til både indblæsning og udsugning skal placeres i bygningen i nye eller udvidede skakte og i nedhængte lofter (dele af loftet). I nogle tilfælde kan bygningens rum (gange, trappeskakte, m.m.) bruges til transport af luft hvorved plads kravene kan reduceres. Det kan være nødvendigt, at basere varmegenvinding på væskekoblede systemer, hvis det ikke er muligt at samle indblæsning og udsugning i samme teknikrum. Den mekaniske løsning kan suppleres med naturlig ventilation til køling og ventilation i sommerperioden, således at kanaler m.m. kun skal transportere den nødvendige udeluftmængde (mindre dimensioner og energibesparelse).

Anvendelse

I eksisterende bolig og kontorbyggeri, hvor det er muligt at få plads til fordeling af ventilationskanaler og til hensigtsmæssig placering af fælles teknikrum.

Barrierer

I en eksisterende bygning uden ventilationssystem kan det være yderst vanskeligt at få plads til fordeling af ventilationskanaler og integration af indblæsnings- og udsugningsåbninger. Der kan være for lav loftshøjde og/eller kun mulighed for at anvende små skaktarealer (ingen plads til armaturer, kanaler og anlæg)

Den reelle energibesparelse kan ofte være meget lavere end den "teoretiske", især i de tilfælde hvor ventilationen før har været utilstrækkelig. I stedet for bliver indeklimaet ofte væsentligt forbedret.

Vurdering

- Indeklima

Kan resultere i en forbedret luftkvalitet (rent centralaggregat og reduktion af risiko for kortslutning)

- Brugerkomfort/-

Resultater normaltvis ikke i ændringer på dette punkt. Dog skal gode

venlighed	udluftningsmuligheder for brugerne stadigvæk prioriteres
- Drift og vedligehold	Nemmere udskiftning af filtre og bedre inspektionsmuligheder
- Arkitektur	Ingen betydning for bygningens udseende, men indplacering af kanaler i bygningen kan få betydning for indretning og rumoplevelse
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet
Myndighedskrav	Anlæggene skal opfylde BR08 krav til varmegenvindingseffektivitet og energiforbrug til lufttransport.
Produkt-henvisninger	
Litteratur	Ventilationsteknik, Danvak, Ole B. Stampe. ISBN: 87-987995-0-9.
Problemområder	Pladsforhold i bygningen
Alternative løsninger	Udskiftning af enkelt komponenter i eksisterende aggregat..
Anlægspriser	Anlægsprisen for et boligventilationssystem varierer i forhold til boligstørrelse og type fra kr. 20-60.000. Ventilationssystemer til øvrige bygninger varierer meget i pris afhængig af luftmængdebehov og bygningens udformning.
Energibesparelse	Energibesparelsespotentialer vurderes at være højt, da effektiviteten af ældre centralaggregater (varmeveksler, motorer, ventilatorer) erfaringsmæssigt kan være forholdsvis lav. Som eksempel kan nævnes at renovering af ventilationsanlæg inklusiv behovsstyring på Peder Lykke Skolen resulterede i en besparelse på 38 procent på el-forbruget og 32 procent på varmeforbruget. Den samlede pris for renoveringen var ca. 220.000 kroner alt inklusive. Besparelsen i el-forbruget svarer til 307.000 kWh per år, og på varmeforbruget til 671 MWh per år. For boliger vil besparelsen typisk være 4-5000 kWh/år
Økonomi	Tilbagebetalingstiden ved nyetablering af anlæg er 8-15 år.

6.3 Decentral ventilation med varmegenvinding

Generelt

I eksisterende bygninger kan det være vanskeligt at få plads til et fuldt kanalsystem med både indblæsning og udsugning og/eller muligt at placere kanalsystemet hensigtsmæssigt med store tryktab eller et ubalanceret system til følge. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at placere decentrale ventilationssystemer i bygningen eller i dele af den. Decentrale ventilationssystemer kan dække enkelte rum (fx et klasseværelse i en skole) eller flere sammenhængende rum (fx en lejlighed i en boligblok).

Skitse



Eksempler på decentrale ventilationsanlæg. Øverst implementeret i en eksisterende skole og nederst integreret i en ny facade i et kontor byggeri.

Teknik

Et decentralt ventilationssystem er i princippet et fuldt udbygget ventilationssystem skaleret til anvendelse i enkeltlokaler og i udført meget kompaktform for at minimere behovet for plads. Afhængigt af ventilationsbehovet og opgaven kan anlægget indeholde varmegenvinding, opvarmning, køling, filtrering og returluft. Anlægget kan være placeret ved en ydervæg direkte i lokalet (typisk løsning i klasseværelser og kontorer) eller for eksempel i lejligheder være placeret i teknikskab med minimal kanalføring til lejlighedens rum.

Anvendelse

Tiltaget er især relevant ved renovering af bygninger, hvor der ikke tidligere har været et ventilationssystem, hvor ventilationen typisk har været dækket af infiltration og vinduesåbning eller mekanisk udsugning kombineret med indtag gennem friskluftventiler og hvor efterisolering og tætning af klimaskærmen samt krav til reduktion af energiforbrug forudsætter implementering af mekanisk ventilation med varmegenvinding.

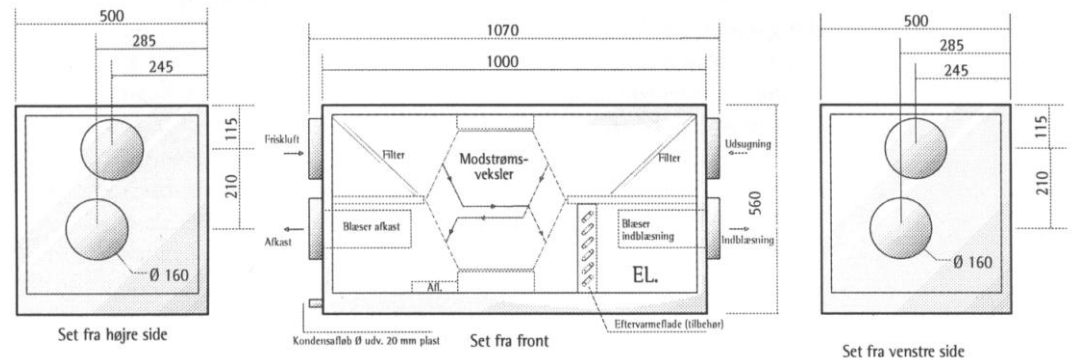
Barrierer	Øget vedligeholdelse ved flere enkeltssystemer som især kan være problematisk i lejlighedsbyggeri, hvis det kræver adgang til lejligheden.
Vurdering	
- Indeklima	En forbedring af indeklimaet kan forventes, da der kan opnås en kontrolleret, behovsstyret ventilation. Da indblæsningen ofte er koncentreret på væsentligt færre åbninger kan være problematisk at få luften tilført lokalet uden at der opstår trækgener lokalt. Støjgener kan ligeledes være problematiske.
- Brugerkomfort/-venlighed	Decentral ventilation giver bedre mulighed for at tilpasse ventilationen til det enkelte rum, zone eller lejlighed og langt bedre mulighed for brugerindflydelse og – styring af ventilationen.
- Drift og vedligehold	Decentral ventilation med flere enkelte anlæg i forhold til et større anlæg giver større udgifter til vedligehold især i forhold til jævnlig udskiftning af filtre.
- Arkitektur	Ved placering direkte i lokalet vil decentral ventilation påvirke oplevelse og udnyttelse af rummet
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet
Myndighedskrav	Anlæggene skal opfylde BR 2010 krav til varmegenvindingseffektivitet og energiforbrug til lufttransport.
Produkt-henvisninger	
Litteratur	
Problemområder	Der er ingen større problemområder
Alternative løsninger	Central balanceret mekanisk ventilationssystem
Anlægspriser	Anlægsprisen starter fra nogle få tusinde kr. pr lokale afhængig af kvalitet og ydeevne på varmegenvinding og ventilatorer.
Energibesparelse	Energibesparelspotentialet vurderes at være højere end for centrale systemer, da energiforbrug til transport af luft reduceres og mulighed for styring af ventilation i forhold til behovet forbedres.
Økonomi	Tilbagebetalingstiden vil variere meget i forhold til rumtype, ventilationsbehov og driftstid.

6.4 Nye effektive ventilationsaggregater

Generelt

I eksisterende bygninger, hvor kanalsystemet fungerer tilfredsstillende kan energiforbruget i det eksisterende mekaniske ventilationssystem reduceres ved udskiftning af eksisterende centralaggregat med nyt. Energiforbruget reduceres gennem forbedret varmegenvindingseffektivitet, højere motor og ventilator effektivitet, mere effektive køle/varmefflader og cirkulationspumper, mindre tryktab i aggregat og bedre isolering af aggregat og kanalsystem i teknikrum.

Skitse



Eksempel på et lille aggregat til småhuse.

Teknik

Eksisterende centralaggregat udskiftes med nyt aggregat. Det nye aggregat er mere hensigtsmæssigt opbygget for at forbedre effektivitet og reducere internt tryktab. Tilslutninger, kanal- og rørføring i teknikrum skal samtidig flyttes og tilpasses det nye aggregat.

Anvendelse

I kontorbyggeri eller lignende med et eksisterende mekanisk ventilationssystem og et velfungerende kanalsystem, der stadig opfylder bygningens behov.

Barrierer

Adgangs- og pladsforhold i teknikrum. Højere varmevekslereffektivitet og mindre tryktab i centralaggregat forudsætter ofte større dimensioner på centralaggregat ligesom tilslutninger evt. skal flyttes. Dette kan være vanskeligt hvis pladsforholdene i teknikrum ikke er tilstrækkelige.

Adgangsforholdene kan være ændrede siden opførelsen, hvorfor udskiftning af større enheder kan være umulig.

Vurdering

- Indeklima

Kan resultere i en forbedret luftkvalitet (rent centralaggregat og reduktion af risiko for kortslutning)

- Brugerkomfort/-venlighed

Resultater normaltvis ikke i ændringer på dette punkt.

- Drift og vedligehold

Nemmere udskiftning af filtre og bedre inspektionsmuligheder

- Arkitektur

Ingen betydning

Energiforsyningsnet

Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet

Myndighedskrav

Anlæggene skal opfylde BR 2010 krav til varmegenvindingseffektivitet og energiforbrug til lufttransport.

Produkt-henvisninger

Litteratur

www.spareventilator.dk

Problemområder

Pladsforhold.

Alternative løsninger

Udskiftning af enkelt komponenter i eksisterende aggregat.

Hvis det eksisterende ventilationssystem ikke længere er velegnet til opgaven kan det i stedet for være fordelagtigt at installere helt nye ventilationssystemer, evt opdelt på mindre enheder.

Anlægspriser

Afhænger af hvor stor en del af aggregatet, der udskiftes. Udskiftning af hele aggregatet kan endvidere medføre udgifter til nødvendige ombygninger i teknikrummet.

Energibesparelse

Energibesparelsespotentialet er højt, da effektiviteten af ældre centralaggregater (varmeveksler, motorer, ventilatorer) erfaringsmæssigt kan være forholdsvis lav. Typisk vil der kunne spares omkring 25-40% på elforbruget til ventilation (www.spareventilator.dk).

Økonomi

Udskiftning af enkeltkomponenter som ventilatorer, pumper, varmevekslere kan resultere i meget korte tilbagebetalingstider (0,5 - 3 år). Udskiftning af hele aggregatet vil give længere tilbagebetalingstider.

6.5 Udnyttelse af frikøling

Generelt	<p>I eksisterende bygninger vil der ofte ved vidtgående energirenovering med efterisolering og tætning af bygningen opstå et behov for køling af bygningen. I boliger vil dette typisk forekomme fra sidst på foråret til først på efteråret, mens det i kontorbyggeri typisk forekommer i brugstiden hele året. Så længe udeluftens temperatur er lavere end rumluftens temperatur kan udeluftens frikølingspotentiale i princippet udnyttes til køling af bygningen. I Danmark overstiger udetemperaturen kun 20 C i ca. 4 % af tiden, mens der selv i sommerperioden altid vil være et frikølingspotentiale om natten.</p>
Skitse	-
Teknik	<p>Både mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer kan udnytte frikølingspotentialet i udeluften.</p> <p>I mekaniske ventilationssystemer udnyttes frikøling gennem kontrol af varmevekslerens bypass, hvorved indblæsningstemperaturen kan styres efter behov ned til udetemperaturniveau. Frikølingspotentialet kan forøges ved at forøge anlæggets driftstid og/eller ventilationskapacitet. Det er vigtigt, at luftindtaget er placeret hensigtsmæssigt, hvor den lokale udetemperatur forventes at være lavest.</p> <p>I naturlige ventilationssystemer udnyttes frikølingen gennem forøgelse af åbningsarealer og åbningstid, så længe indtagstemperaturen er lavere end rumtemperaturen.</p> <p>I hybride systemer udnyttes frikølingspotentialet typisk i den mekaniske ventilation ved lave udelufttemperaturer, mens denne suppleres med eller erstattes af naturlig ventilation og udluftning ved højere udetemperaturer.</p>
Anvendelse	<p>I boliger via regulering af graden af bypass af varmeveksleren i det mekaniske ventilationssystem. Da ventilationskapaciteten er begrænset må dette suppleres med naturlig ventilation og udluftning udenfor opvarmningssæsonen.</p> <p>I kontorer og lignende bygninger via regulering af graden af bypass af varmeveksleren i det mekaniske ventilationssystem. Der er krav til minimums indblæsningstemperatur af hensyn til termisk komfort og trækrisiko. For at udnytte frikølingspotentialet vil køleydelsen ofte være dimensionsgivende for anlæggets kapacitet og typisk være 2-3 gange udeluftbehovet. Der kan også suppleres med frikøling ved naturlig ventilation ved højere udelufttemperaturer, hvorved det mekaniske anlægs kapacitet kan reduceres.</p>
Barrierer	<p>Mekaniske ventilationsanlæg har ofte en begrænset kapacitet, hvilket sætter en øvre grænse for udnyttelse af frikølingspotentialet i sommerperioden, hvor temperaturdifferensen er lille. Desuden skal der tages hensyn til at opvarmning i ventilatoren og energiforbrug til lufttransport medfører at temperaturdifferensen skal have en vis størrelse før udnyttelse er fordelagtig. Forøges mekaniske ventilationssystemers driftstid og/eller kapacitet udenfor brugstiden for at forøge udnyttelsen af frikølingspotentialet, vil det forøgede energiforbrug til transport af luft betyde, at energibesparelsen totalt set vil være begrænset.</p> <p>Udnyttes frikølingspotentialet ved naturlig ventilation udenfor brugstiden (i boliger typisk også i dagtimerne) er det vigtigt, at dette kan foregå tyverisikkert.</p>
Vurdering	
- Indeklima	En væsentlig forbedring af indeklimaet kan forventes. Dog kan udefrakommende støj være generende ved udluftning
- Brugerkomfort/-venlighed	Mulighed for frikøling ved vinduesudluftning har stor betydning for brugernes opfattelse af komfort.

- Drift og vedligehold	Ingen udgifter af betydning til vedligeholdelse.
- Arkitektur	Ingen arkitektonisk betydning
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet
Myndighedskrav	Anlæggene skal opfylde BR 2010 krav til energiforbrug til lufttransport .
Produkthenvvisninger	
Litteratur	Naturlig ventilation i erhvervsbygninger – beregning og dimensionering. By og Byg Anvisning 202. By og Byg 2002. Natural ventilation in Buildings - A design handbook. Editor Francis Allard, Jamea & James 1998, ISBN 1 873936 72 9. Passive Cooling of Buildings. Editors M. Santamouris and D. Asimakopoulos, James & James, 1996, ISBN 1-873936-47-8.
Problemområder	Frikøling ved naturlig ventilation skal kunne foregå tyverisikkert
Alternative løsninger	Mekanisk køling af ventilationsluften
Anlægspriser	Der er ingen ekstra investeringsudgifter af betydning forbundet med udnyttelse af frikøling.
Energibesparelse	Energibesparelspotentialet er for mekaniske systemer størst ved lave udetemperaturer. Forudsætter udnyttelsen forøgelse af driftstid og/eller ventilationskapacitet vil energibesparelsen være meget begrænset ligesom mekanisk køling kan være mere fordelagtig. For naturlige ventilationssystemer er energibesparelspotentialet stort og kan i mange tilfælde eliminere behovet for mekanisk køling.
Økonomi	Da etableringsudgifterne er meget små vil det næsten altid være meget økonomisk fordelagtigt at udnytte frikøling ved naturlig ventilation.

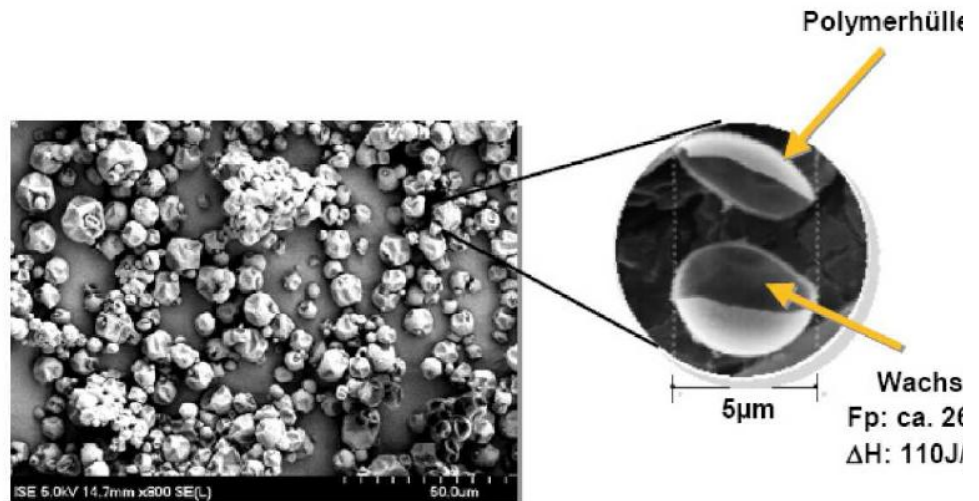
6.6 Udnyttelse af faseskiftende materialer

Generelt

I en lang række bygninger (specielt kontorbyggeri med store glaspartier), er der behov for køling, men behovet for køling kan ligeledes opstå i forbindelse med vidtgående energireovering af bygninger med efterisolering og tætning af klimaskærmen, udskiftning af vinduer mv. Kølebehovet kan reduceres væsentligt eller helt fjernes ved at forøge bygningens varmekapacitet, idet den overskydende varme herved kan lagres i bygningen. I eksisterende bygninger er det imidlertid omstændeligt at forøge varmekapaciteten vha. konventionelle materialer, og derfor er det oplagt i stedet at udnytte faseskiftende materialer, som selv i små mængder kan bidrage væsentligt til bygningens varmekapacitet (15 mm gipsplade med PCM har en varmekapacitet ækvivalent med en halvstensvæg).

Skitse

Forstørrelse af mikroindkapslet PCM paraffin.



Teknik

Faseskiftende materialer giver mulighed for passiv køling af bygninger, idet materialernes bidrag til kølingen forekommer gennem en forøgelse af bygningens samlede varmekapacitet.

Der findes en lang række forskellige faseskiftende materialer på markedet, men grundlæggende kan de opdeles i to hovedgrupper; paraffiner og salhydrater. Salhydrater er de mest effektive idet smeltevarmen for disse materialer generelt er større, men ulempen er at de mister deres latente varme efter mange faseskift. I forbindelse med termisk regulering af indeklimaet i bygninger er paraffiner derfor det oplagte valg.

Paraffiner kan i princippet blandes direkte i byggematerialer, men oftest benyttes såkaldt mikroindkapsling, hvor paraffinen indkapsles i en polymerskal med en diameter på mellem 5 – 10 µm. Mikroindkapsling medfører at paraffinen får en relativt stor overflade og dermed er i god termisk kontakt med det omkringliggende materiale.

Den temperatur hvor PCM'en smelter kan justeres efter behov (i forbindelse med fremstillingen), således at den 'ekstra varmekapacitet' aktiveres når der er behov for den. I forbindelse med klimatisering af danske bygninger vil dette typisk betyde, at faseskiftet bør ligge i intervallet fra ca. 23 °C til 26 °C. Når varmetilskuddene til bygningen medfører at temperaturen i bygningen overstiger 23 °C vil paraffinen begynde at smelte, og derved optages den ekstra varme i materialet. Ved fortsat varmetilførsel til bygningen, vil temperaturen stige langsomt indtil al paraffinen er smeltet. Når al paraffin er smeltet, vil temperaturen igen begynde at stige hurtigere og derfor er det vigtigt at mængden af PCM i bygningen er tilpasset, så den kan optage de varmelaster der forekommer uden at det fører til overtemperaturer.

Anvendelse

PCM kan i princippet iblandes de fleste byggematerialer, men typiske anvendelser i

	<p>dag forekommer i forbindelse med f.eks. gipsplader, puds og beton. Det er derfor nødvendigt at disse materialer kan tilføjes til bygningen eller mere oplagt erstatte eksisterende materialer i bygningen. Man kunne f.eks. forestille sig at gipsbeklædningen i nedhængte lofter kunne erstattes med nye gipsplader indeholdende PCM, eller at gipsbeklædte eller pudsede skillevægge kunne udskiftes på tilsvarende vis.</p>
Barrierer	<p>Den største barriere for anvendelsen af faseskiftende materialer i dag er økonomien, idet de PCM-holdige materialer typisk er væsentligt dyrere end tilsvarende traditionelle materialer – en faktor 10 er ikke usædvanlig.</p> <p>Ydermere kan der ligge en barriere i, at det kan være vanskeligt at tilføje tilstrækkeligt meget PCM til en eksisterende bygning så køling helt kan undværes. De materialer i bygningen som realistisk kan erstattes med nye PCM-holdige materialer vil typisk være den indvendige komplettering. Hvis ikke der udskiftning af denne kan opnås en tilstrækkelig varmekapacitet i bygningen til at optage de varmelaster som forekommer, så vil bygningens indeklime kompromitteres.</p> <p>En sidste barriere kan være eventuelle brandkrav. PCM-holdige materialer vil normalt ikke kunne leve op til de samme brandkrav som tilsvarende traditionelle byggematerialer. Derfor kan der være situationer eller dele af bygningens indvendige konstruktioner hvori PCM-holdige materialer ikke kan indgå, hvorved den samlede varmekapacitet naturligvis begrænses.</p>
Vurdering	
- Indeklima	En væsentlig forbedring af indeklimaet kan forventes.
- Brugerkomfort/-venlighed	Udnyttelse af faseskiftende materialer til passiv køling af bygninger, vil medføre en høj grad af brugerkomfort sammenlignet med traditionelle kølesystemer. Omvendt vil muligheden for individuel regulering fjernes.
- Drift og vedligehold	Ingen udgifter af betydning til vedligeholdelse.
- Arkitektur	Ingen arkitektonisk betydning.
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet.
Myndighedskrav	Materialerne skal opfylde eventuelle brandkrav.
Produkt-henvisninger	<p>http://www.micronal.de/portal/basf/ien/dt.jsp?setCursor=1_290798</p> <p>http://byggesystemer.knaufdanogips.dk/xpdf/produktdatablad_smartboard.pdf</p>
Litteratur	<p>http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_0400_407.pdf</p> <p>http://www.elforsk.dk/elforsknyt.asp?nyhedsbrevID=8&nyhedsID=54#goto</p> <p>http://www.teknologisk.dk/25090</p> <p>http://ing.dk/artikel/88963-vokskugler-erstatter-aircondition</p>
Problemområder	Ingen problemområder.
Alternative løsninger	Mekanisk køling.
Anlægspriser	Prisen for byggematerialer indeholdende PCM er væsentligt højere end for traditionelle byggematerialer. En gipsplade indeholdende PCM koster f.eks. typisk ca. 10 gange mere end en almindelig gipsplade.
Energibesparelse	Energibesparelspotential for anvendelsen af faseskiftende materialer afhænger af kølebehovet for bygningen inden foranstaltningen indføres. I bygninger hvor PCM-holdige materialer kan erstatte et køleanlæg vil PCM'en dels medføre en reduktion af el-behovet og samtidig vil udgifter til drift, vedligehold samt eventuel udskiftning af køleanlægget fjernes.
Økonomi	Anvendelsen af faseskiftende materialer vil primært være relevant i tilfælde, hvor

anvendelsen helt kan eliminere behovet for mekanisk køling.

Beregningseksempel: Køling af kontorbygning med PCM sammenlignet med mekanisk køling. Kølingen ved PCM foregår ved opsætning af gipsplader indeholdende PCM i loftet af kontorbygningen. Der bruges ca. 3 kg PCM pr. m² loft. Prisen for PCM er ca. 75 kr/kg, dvs. 225 kr/m² i anlægsudgifter og ingen driftsudgifter.

Køling med mekanisk køleanlæg koster ca. 125 kr/m² i anlægsudgifter. Hvis man antager at køleanlægget skal levere 3,5 kWh køling pr. m² pr. år, beløber de årlige driftsudgifter til anlægget sig til $3,5 \text{ kWh/m}^2 \times 1,90 \text{ kr/kWh} = 5,60 \text{ kr/m}^2$

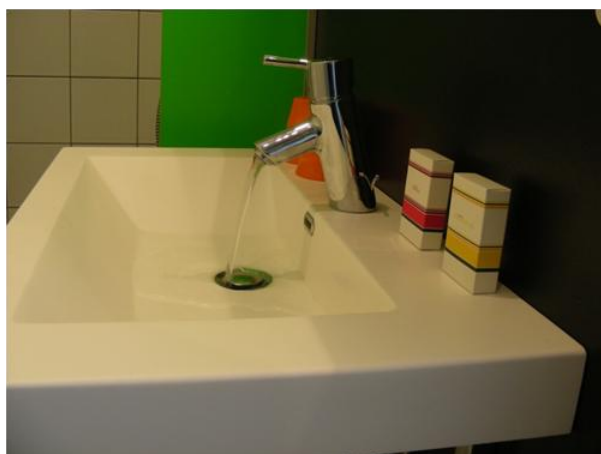
7 Energiforsyning

7.1 Brugsvandsforsyning, herunder decentralt

Generelt

Forslaget omhandler renovering af brugsvandsinstallationen. Den eksisterende installation består af rør der er dårligt isolerede og med cirkulation af varmt vand. Der påtænkes etableret nyt køkken og nyt badeværelse. Varmeanlægget kan opvarme en varmtvandsbeholder, der kan være en elvandvarmer med varmtvandsbeholder, der kan være direkte opvarmning uden varmtvandsbeholder via en fjernvarmeveksler eller en gennemstrømningsvandvarmer baseret på el.

Skitse



Teknik

For at reducere energiforbruget til varmt vand mest muligt bør der sættes ind på flere fronter:

- Brugervaner
- Brugsvenlige armaturer.
- Installationer med lavt varmetab
- Opvarmning af varmt vand med velegnede varmeanlæg.

Brugervaner kommenteres ikke yderligere bortset fra at det har stor betydning for den mængde varmt brugsvand som benyttes.

Brugsvenlige armaturer vil sige at det er nemt at indstille vandets temperatur. Armaturer med termostater (eller evt. et-grebsarmaturer) vil gøre det muligt hurtigt og præcist at indstille temperaturen. Det vil dermed også være muligt at afbryde vandtilførslen i kortere eller længere perioder uden at skulle indstille temperaturen igen. Vandmængden kan desuden reduceres ved hensigtsmæssigt brug af perlatorer (luftindblandere).

Cirkulation af varmt brugsvand bør undgås i den udstrækning det er muligt. Der er et krav om der skal være varmt vand inden for 10 sekunder. Kan dette ikke opfyldes uden cirkulation bør omfanget af cirkulation begrænses mest muligt. Det kan fx gøres ved at cirkulationspumpen starter ved urstyring og ved at begrænse den rørstrækning hvori der benyttes cirkulation. På den strækning der sker cirkulation kan varmetabet reduceres ved god rørisolering eller ved en løsning med en lille returledning inde i fremløbsrøret.

Opvarmning af varmt brugsvand omtales ikke nærmere her men solvarme og/eller varmepumper vil normalt give det laveste energiforbrug.

Anvendelse

Armaturer kan nemt udskiftes uden der nødvendigvis foretages andre foranstaltninger samtidigt. Ændring af installationerne kan hensigtsmæssigt

	foretages samtidig med udskiftning af varmeinstallation eller udskiftning af køkken eller badeværelse.
Barrierer	Folk ønsker måske at anvende meget varmt vand til f.eks. brusepaneler eller spa. Vaskemaskiner og opvaskemaskiner med både varmt og koldtvandsindtag kan være vanskelige at skaffe på det danske marked. Ellers bør der ikke være barrierer.
Vurdering	Brugsvenlige vandbesparende armaturer (termostatblandingsbatterier og luftindblandere) vil udgøre en begrænset udgift i forhold til besparelsen. Udskiftning af installationer vil være relativt dyr hvis det alene skal tilbagebetales af energibesparelsen. Ofte vil der være et udskiftningsbehov på grund af tilkalkning eller risiko for gennemtæring. I disse tilfælde vil der være god økonomi i at foretage foranstaltninger, der reducerer tab ved cirkulation af varmt vand.
- Indeklima	-
- Brugerkomfort/-venlighed	Termostatblandingsbatterier er nemme og hurtige at indregulere.
- Drift og vedligehold	Brusehoveder og luftindblandere skal afkalkes med visse mellem rum.
- Arkitektur	Der findes armaturer af meget forskelligt design af armaturer og i mange prisklasser. Rørisolering vil i en del tilfælde være synlig men rør kan føres skjult (bag paneler, i skakter og lign.). Cirkulationsledning med rør i rør vil fylde mindre end 2 separate rør.
Energiforsyningsnet	Varmen kan komme fra olie, gas, fjernvarme (med varmtvandsbeholder eller med veklser) eller elnettet (elvandvarmer eller gennemstrømningsvandvarmer) samt solvarme.
Myndighedskrav	Installationerne skal bl.a. overholde kravene i standarderne DS 452 og DS 439. Nogle af de forhold der skal tages hensyn til er at undgå udvikling af legionellabakterier, tilbagesugning af vand, gennemtæring af rør, krav til varmetab og vandmængde og hurtig tilgængelighed af varmt vand.
Produkt-henvisninger	Diverse VVS grossister.
Litteratur	Elsparfondens hjemmeside. Varmt brugsvand, Måling og forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger. Benny Bøhm et al, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet – 2009, SBI, 2009:10.
Problemområder	Plads til rørisolering.
Alternative løsninger	Kort afstand mellem vandforbrugende enheder og varmeanlæg vil reducere tabet.
Anlægspriser	Prisen er meget afhængig af de valgte armaturer.
Energibesparelse	Energibesparelsen afhænger af den anvendte opvarmingskilde og forbruget. Der regnes normal med et varmtvandsforbrug på 40 liter pr. døgn pr. person. Omregnes til årsbasis svarer det til 700 – 800 kWh/år person til opvarmning af selve vandet. Hertil kommer tab ved produktion af varmt vand, tab ved cirkulation af varmt vand, pumpeenergi til cirkulation af varmt brugsvand, kapacitetstab i rørene ved at rørene varmes op uden at varmen bliver udnyttet.
Økonomi	Besparelsen ved et termostatblandingsbatteri skønnes årligt til 50 – 200 kr. Merprisen for et termostatblandingsbatteri er 300 – 600 kr. Isolering af rør fra ringe eller ingen isolering til god isolering hvor der er cirkulation af varmt vand. Det vil give en årlig besparelse på 150 – 175 kWh pr m pr år. Er der 10 m rør vil besparelsen være 1500 – 1750 kWh/år. Udskiftning af ældre varmtvandsbeholder (tab 180 W) til en ny type (tab 65 W) vil typisk give en besparelse på 1000 kWh/år. Installationsomkostninger er skønnet til 6.000 – 10.000 kr.

7.2 Skift af fjernvarmeinstallation

Generelt

Forslaget omhandler udskiftning af gammel uisoleret fjernvarmeinstallation med ny fjernvarmeunit med kabinet i enfamiliehuse. Alternativet til en ny fjernvarmeunit kan være en totalrenovering af den eksisterende installation indeholdende udskiftning af enkeltkomponenter som fx vandvarmer, varmeveksler, reguleringsventiler, pumpe mv. og en effektiv isolering af rørene.

Skitse



Ældre fjernvarmeinstallation



Ny fjernvarmeunit

Teknik

Fjernvarmeinstallationer kan generelt opdeles i 2 typer: Direkte anlæg, hvor det er fjernvarmevand, der løber i husets varmeanlæg og indirekte anlæg, hvor en varmeveksler adskiller fjernvarmevand og vandet i varmeanlægget. De indirekte anlæg har altid en pumpe til varmeanlægget, mens de direkte anlæg kun har en pumpe, hvis der er etableret blandesøjfe. Derudover kan installationerne have en veksler eller en beholder som vandvarmer til det varme brugsvand.

I en fjernvarmeunit er alle komponenter skruet sammen til en meget kompakt enhed med en bredde på 45-60 cm, så den let kan placeres i bryggers eller teknikrum. Det kompakte design gør det vanskeligt at isolere rørføringerne i unitten – det er derfor vigtigt at unitten altid placeres i et tætsluttende kabinet, alternativt et skab. Fjernvarmeinstallationer, der er opbygget på stedet af enkeltkomponenter kaldes splitanlæg.

Anvendelse

Fjernvarmeunits til renovering anvendes typisk, hvor installationerne har en alder, så alle komponenter er udskiftningsmodne eller hvor der er et ønske om at frigøre plads ved at skrotte et ældre splitanlæg.

Barrierer

Den største barriere for skift af fjernvarmeinstallation er forbrugernes manglende viden og interesse for varmeanlægget samt forholdsvis lave priser på fjernvarme.

Vurdering

- Indeklima

Der kan være meget varmt i rum med en ældre uisoleret fjernvarmeinstallation. Ved skift til en ny fjernvarmeunit med kabinet vil temperaturen i opstillingsrummet typisk falde. Det kan være særligt udtalt, hvis der ikke er anden varmekilde i rummet. En fjernvarmeunit støjer ikke.

- Brugerkomfort/-venlighed

Det er fortsat mest almindeligt at fjernvarmeunits er monteret med selvvirkende ventiler. Det er forholdsvis brugervenligt i det brugeren drejer direkte på ventilerne og indstiller brugsvands- og fremløbstemperatur til varmeanlæg på samme måde som på en radiatorventil. Temperaturerne aflæses typisk på simple, men ikke særligt præcise, drejeskivetermometre. Brugeren har mulighed for at aflæse præcise fjernvarmefremløbs- og returtemperaturer samt flow og energiforbrug på

elektronisk måler, der typisk placeres i unit indenfor kabinettet.

- Drift og vedligehold Installation af en ny fjernvarmeunit bør kombineres med installering af radiatorventiler med forindstilling / mængdebegrænsere på alle radiatorer/varmeblader for at opnå optimal drift. Anlægget indreguleres ved idriftsættelse og bør efterses med jævne mellemrum. I områder med meget kalk i vandet er der risiko for kalkudfældning i vandvarmeren, når brugsvandstemperaturen bliver højere end ca. 50 °C. Det kan i sådanne tilfælde være nødvendigt at udsyre eller skifte vandvarmeren for fortsat at have en fornuftig drift.

- Arkitektur Fjernvarmeunits kan leveres med eller uden kabinet. Kabinetterne fremstår normalt i et moderne design, der er sammenligneligt med, køleskabe, væghængte gasfyrede kedler mv.

Energiforsyningsnet Fjernvarmenet.

Myndighedskrav Installationen skal overholde kravene i bygningsreglementet herunder DS 452 og DS 439. Installationen skal desuden overholde de tekniske bestemmelser for det værk, der leverer fjernvarmen

Produkt-henvisninger Der findes ikke en samlet oversigt over fjernvarmeunits på markedet.

Litteratur Energimærkning af fjernvarmeunits – et pilotprojekt, Dansk Fjernvarmes F&U-konto, www.danskfjernvarme.dk og katalog for standardværdier

Problemområder I forbindelse med skift fra et indirekte til et direkte system skal der foretages en trykprøvning af varmeanlægget for at sikre, at anlægget kan klare fjernvarmetryk. Et sådant skift er desuden afhængigt af om det lokale fjernvarmeværks tekniske bestemmelser tillader det.

Alternative løsninger I stedet for en fjernvarmeunit kan installationen opbygges på stedet eller enkeltkomponenter kan udskiftes.

Anlægspriser Produktpriserne varierer en del afhængigt af om der er tale om direkte eller indirekte anlæg eller om det er et anlæg med beholder eller veksler til produktion af det varmebrugsvand. Et standard anlæg af god kvalitet vurderes således til at koste mellem 15.000-30.000 inkl. moms og montage, når der er tale om udskiftning af en eksisterende fjernvarmeinstallation.

Energibesparelse Herunder angivet nogle nøgletal for besparelse ved udskiftning af ældre splitanlæg med ny fjernvarmeunit. Besparelsen er baseret på det varmetab, der spares. En optimeret installation er en fjernvarmeunit, hvor de lige rørstrækninger er isoleret med ca. 10 mm isolering.

	Energibesparelser i kWh/år		
	Ældre installation	Nyere unit	Optimeret installation
Direkte -> direkte			
Ældre fjernvarmeinstallation (opbygget på stedet anvendt frem til ca. 1990)		1000	1150
Nyere unit (samlet enhed, anvendt efter ca. 1990)			150
Optimeret installation			
Indirekte -> indirekte			
Ældre fjernvarmeinstallation (opbygget på stedet anvendt frem til ca. 1990)		1300	1650
Nyere unit (samlet enhed, anvendt efter ca. 1990)			350
Optimeret installation			

Derudover kan påregnes en elbesparelse ved valg af unit med A-mærket pumpe. I nogle tilfælde kan pumpen spares helt, hvis et anlæg ombygges fra indirekte til direkte. Endelig er der afkølingsaspektet, der typisk ikke har den helt store økonomiske betydning for kunden, men som fjernvarmeværkerne har fokus på.

Økonomi

Teknisk levetid (år): 15-20 år.

Drift- og vedligeholdelsesudgifter: 300/600/900 kr./år (min/typisk/max).

Fjernvarmeprisen varierer meget fra fjernvarmeselskab til fjernvarmeselskab.

Antages en fjernvarmepris på 0,65 kr./kWh og en udskiftning af et ældre splitanlæg med en ny optimeret unit fås en besparelse på mellem ca. 750-1.000 kr./år

7.3 Skift af oliefyret kedel

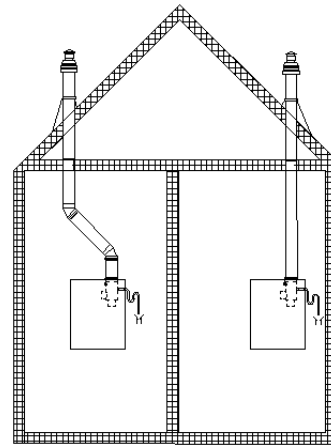
Generelt

Forslaget omhandler udskiftning af oliefyrede kedler i enfamiliehuse til nye oliefyrede kedler.

Skitse



Ældre oliekedel



Ny oliekedel

Teknik

Der henvises til de oliefyrede kedler på energimærkningslisten på hjemmesiden www.sparolie.dk. A-mærkede kedler er fortrinsvis kondenserende kedler. B-mærkede kedler er kedler med meget lavt varmetab og røggastab, men altså uden at være kondenserende. Kedlerne kan være gulvstående eller væghængte og bør leveres med koaksiale balancerede aftræk, som vist på skitsen ovenfor. Dermed føres forbrændingsluften direkte til kedlen uden behov for lufttilførsel fra opstillingsrummet. Kondens fra kedlen skal føres til afløb.

Anvendelse

I almindeligt byggeri kan anvendes både A- og B-mærkede kedler. I lavenergibyggeri renoveret til klasse 2 er det kun relevant med A-mærkede kedler suppleret med solvarme. Oliefyrede kedler vurderes ikke at være anvendelige i forbindelse med enfamiliehuse renoveret til lavenergibyggeri klasse 1.

Barrierer

Den største barriere for skift af olie er forbrugernes manglende viden og interesse for varme anlægget.

Vurdering

- Indeklima

Der kan være meget varmt i rum med en ældre uisolere kedel. Ved skift til en ny oliefyret A- eller B-mærket kedel vil temperaturen i opstillingsrummet typisk falde. Det kan være særligt udtalt, hvis der ikke er anden varmekilde i rummet. Moderne oliekedler har normalt et væsentligt lavere støjniveau end ældre kedler.

- Brugerkomfort/-venlighed

Kedlerne er typisk monteret med en udetemperaturkompenserende styring og skift mellem sommer- og vinterdrift.

- Drift og vedligehold

For oliekedler kræves pt. en lovpligtig årlig kedelrensning samt et eftersyn hvert 5. år. Reglerne er under revidering. Det anbefales imidlertid at få brænder- og kedel service regelmæssigt.

- Arkitektur

De fleste A- og B-kedler fremstår i et moderne design sammenligneligt med hårde hvidevarer.

Energiforsyningsnet

Oliefyrede kedler bør kun indgå i renoveringsløsninger uden for de kollektive forsyningsområder.

Myndighedskrav

I BR08 er der for oliefyrede kedler krav til en kedelvirkningsgrad på 91 % ved både 100 % fuldlast (93 % i BR10) og 30 % delast (98 % i BR10). Installationen skal desuden overholde kravene i DS 452 og DS 439.

Produkt-henvisninger	A-, B, og C-kedlerne på www.sparolie.dk opfylder BR08.
Litteratur	”Nuværende og fremtidige BR-krav – hvor står oliefyringen?”, Otto Paulsen, Teknologisk Institut, oktober 2008 og Energistyrelsens katalog for standardværdier
Problemområder	Aftræksforhold skal være i orden. A- og B-mærkede kedler kan ikke benyttes traditionelle skorstene med eller uden kerne.
Alternative løsninger	Varmepumpe eller fjernvarme
Anlægspriser	B-kedel inkl. brænder: kr. 30.000-50.000 kr. inkl. moms (40.000) A-kedel inkl. brænder: kr. 40.000-60.000 kr. inkl. moms (50.000) Priserne er inkl. nedtagning af gammel kedel
Energibesparelse	Energibesparelserne i tabellen herunder er beregnet for en gennemsnitlig A/B-kedel og inkluderer energiforbrug til brænderen

Oliekedler		Besparelse
		[kWh/år]
Varme 04.1.0 - 04.1.3	Udskiftning af kedelunit i støbejern (eftersoleret) eller pladejern (efter 1977) til kondenserende oliekedel	5 035
Varme 04.2.0 - 04.2.3	Udskiftning af kedelunit i støbejern (ringe isoleret) eller pladejern (før 1977) til kondenserende oliekedel	13 445

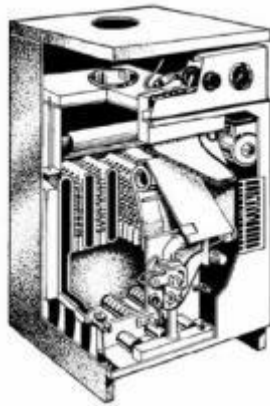
Økonomi	Teknisk levetid (år): 15-20 år Drifts- og vedligeholdelsesudgifter: 1000/1250/1500 kr./år (min/typisk/max). Olieprisen har de senere år varieret meget også henover det enkelte år. Brændselspris: 7/9/11 kr./l/m ³ (min/typisk/max) Ud fra tabellen ovenfor og med en oliepris på 9 kr./år/l fås for et standardhus en typisk besparelse på ca. 4.000-12.000 kr./år
----------------	---

7.4 Skift af gasfyret kedel

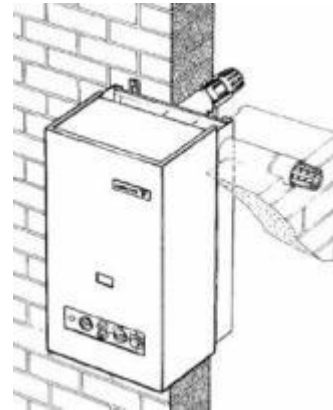
Generelt

Forslaget omhandler udskiftning af gasfyrede kedler i enfamiliehuse til nye gasfyrede kedler.

Skitse



Ældre atmosfærisk gaskedel



Ny væghængt gaskedel med
koaksialt balanceret aftræk

Teknik

Der henvises til de gasfyrede kedler på energimærkningslisten på hjemmesiden www.dgc.dk. Alle gasfyrede kedler på det danske marked er i dag med kondenserende teknik. Kedlerne kan være gulvstående, men er fortrinsvis væghængte og leveres med koaksiale balancerede aftræk, som vist på skitsen ovenfor. Dermed føres forbrændingsluften direkte til kedlen uden behov for lufttilførsel fra opstillingsrummet. Kondens fra kedlen skal føres til afløb.

Anvendelse

Kondenserende gasfyrede kedler kan anvendes i almindeligt byggeri. I lavenergibyggeri renoveret til klasse 2 er det kun relevant med kondenserende gaskedler suppleret med solvarme. Gasfyrede kedler vurderes ikke at være anvendelige i forbindelse med enfamiliehuse renoveret til lavenergibyggeri klasse 1.

Barrierer

Den største barriere for skift af gasfyrede kedler er forbrugernes manglende viden og interesse for varme anlægget.

Vurdering

- Indeklima

Moderne gasfyrede kedler har normalt et lavt støjniveau.

- Brugerkomfort/-
venlighed

Kedlerne er typisk monteret med en udetemperaturkompenserende styring og skift mellem sommer- og vinterdrift.

- Drift og vedligehold

Det anbefales normalt at få brænder- og kedel serviceret regelmæssigt.

- Arkitektur

Gasfyrede kedler leveres i et design, der er sammenligneligt med hårde hvidevarer.

Energiforsyningsnet

Kondenserende gasfyrede kedler er et oplagt valg i renoveringsløsninger i områder med naturgas.

Myndighedskrav

I BR08 er der for gasfyrede kedler krav til en kedelvirkningsgrad på 96 % ved 100 % fuldlast og 104 % ved 30 % delast (105 % i BR10). Installationen skal desuden overholde kravene i DS 452 og DS 439.

Produkt-henvisninger

Nye gaskedler kan findes på energimærkningslisten på www.dgc.dk

Litteratur

Energistyrelsens katalog for standardværdier

Problemområder

-

Alternative løsninger Varmepumpe eller fjernvarme

Anlægspriser Kondenserende gasfyret kedel kr. 30.000-50.000 kr. inkl. moms (40.000)
Priserne er inkl. nedtagning af gammel kedel

Energibesparelse Energibesparelserne i tabellen herunder er beregnet for et standardhus og ny kondenserende kedel og inkluderer energiforbrug til brænderen

Gaskedler Konvertering: GAS-GAS		Besparelse	
		[kWh/år]	[m ³ /år]
Varme 04.4.1 - 04.4.8	Kedelunit med gasblæsluftbrænder til ny kondenserende gaskedel	10399	906
Varme 04.4.9 - 04.4.12	Traditionel åben gaskedel til ny kondenserende gaskedel	6410	558
Varme 04.4.13 - 04.4.14	Traditionel lukket gaskedel til ny kondenserende gaskedel	3231	310

Økonomi Teknisk levetid (år): 15-20 år

Drift- og vedligeholdelsesudgifter: 1000/1250/1500 kr./år (min/typisk/max).

Gasprisen har de senere år varieret meget også henover det enkelte år.

Brændselspris: 7/8/9 kr./år/m³ (min/typisk/max)

Ud fra tabellen ovenfor og med en gaspris på 8 kr./år/m³ fås for et standardhus en typisk besparelse på ca. 2.500-7.500 kr./år

7.5 Udskiftning af cirkulationspumper i varme og klimaanlæg

Generelt

Forslaget udskiftning af cirkulationspumper i varme og klimaanlæg. Elforbruget til cirkulationspumper kan i enfamiliehuse udgøre et betydeligt energiforbrug, der specielt er blevet synliggjort efter at faktoren på de 2,5 på elforbrug er blevet indført. Samtidig er der kommet en ny generation af pumper med permanentmagnetmotorer og med indbygget hastighedsregulering, der tilsammen giver en reduktion i årligt elforbrug. De mindste til enfamiliehuse har et minimumsforbrug på 3 – 5 W i forhold til tidligere 20 W. Salgstallene i Danmark er ukendte, men der er installeret ca 1,3 mill. pumper. Med en levetid på 15 år udskiftes 50 – 100.000 pumper pr år, hvortil kommer pumper i nybyggeri og pumper, der udskiftes på grund af energibesparelsen.

Skitse



Teknik

Cirkulationspumperne i varmeanlæg udføres som vådløbere og som tørløbere. Vådløberne kan i dag leveres med permanentmagnetmotorer og alle pumper kan leveres med indbygget højeffektiv frekvensomformer. Omdrejningsreguleringen betyder, at pumperne kan indstilles til forskellige effektive karakteristiker. Karakteristikkerne kan realiseres ved at pumpens driftpunkt kan måles eller evalueres ud fra elektriske målinger, evt. suppleret med måling af pumpens differenstryk. Moderne pumper kan være forsynet med display og en fjernbetjening på hvilken driftpunktet kan ses.

Anvendelse

Pumper til varmeanlæg skal vælges efter nødvendig ydelse og med den rigtige karakteristisk. For vådløbere findes et mærkningssystem. Normalt er der god økonomi i at anvende A mærkede pumper. Det bør dog i store anlæg undersøges om tørløbere kan være fordelagtige.

- To – strengs varmeanlæg. Her vælges *proportional* karakteristisk, hvor pumetrykket stiger med stigende flow. Dette betyder, at termostaterne får et nogenlunde konstant differenstryk, selvom tryktabet stiger i anlæggets fordelings- og koblingsledninger. Samtidig vil denne karakteristisk være gunstig med hensyn til at mindske støj. Denne karakteristisk kan også anvendes til hovedpumpen i store klimaanlæg. Proportionalkarakteristisk kan ikke anvendes i anlæg med overstrømsventiler, f. eks. i de fleste små gaskedler. (Den kan heller ikke anvendes til andre applikationer, hvor der en komponent i modtrykket, der er konstant)
- I en-strengs-varmeanlæg kan anvendes pumper med konstant omdrejningstal. Omdrejningstallet kan være helt fast uden frekvensomformer og dette vil være fordelagtigt, hvis det nødvendige flow kan bestemmes tilstrækkeligt nøjagtigt. Normalt anvendes dog også omdrejningsregulerbare pumper.
- Kedler med indbyggede pumper. I mange gaskedler anvendes ikke elektroniske pumper indbygget fra fabrikken. Disse pumper kan normalt ikke udskiftes til

	<p>højeffektive pumper. Ved nye gaskedler skal efterspørges kedler med A mærkede pumper. Gaskedler findes i dag med et mærke både for elforbrug og varmevirkningsgrad. I oliefyrede kedelunits vil pumpen ofte kunne skiftes til en A pumpe og også her skal det ved indkøb checkes, at der er indbygget en A pumpe. Ved større gulvvarmeanlæg skal checkes om pumpen kan levere den nødvendige vandmængde.</p>
Barrierer	<p>Der er kun økonomiske barrierer for udskiftning til højeffektive pumper. Som tommelfingerregel holder en pumpe 10 – 15 år, men nogle gange meget længere. Det er velbegrundet antagelse, at der normalt ved udskiftning monteres alt for store pumper i større anlæg. Dette må antages at være blevet værre efter de regulerbare pumper for alvor er slået igennem, ”man kan jo bare skrue ned”. En pumpeudskiftning kan ikke bære en egentlig projektering. Det er derfor af betydning at udbrede anvendelse af simple dimensioneringsværktøjer, f. eks. Teknologisk Instituts pumpevalgsværktøj. Valget af for en stor pumpe kan let medføre et 50 % for højt elforbrug. Elsparefondens kampagne for små anlæg har dog medført at markedesandelen for A pumper er steget fra 25 til 75 % i løbet af få år. For små pumper vil A pumperne være helt dominerende i løbet af få år</p>
Vurdering	<p>Udgiften til pumpedrift udgør normal en mindre del af energiudgiften, særlig for store anlæg og der er derfor ikke så meget fokus på området. Som isoleret foranstaltning er pumpeudskiftning fordelagtig for ikke havarede pumper, hvis pumpen er mere end 10 år gammel.</p>
- Indeklima	Ingen indflydelse på indeklima
- Brugerkomfort/-venlighed	Ingen specielle krav
- Drift og vedligehold	Ingen
- Arkitektur	Ingen betydning
Energiforsyningsnet	Ingen problemer
Myndighedskrav	Kan normalt udskiftes af en VVS installatør. For større anlæg kan der også være elektrikerarbejde
Produkt-henvisninger	<p>Dominerende fabrikater i Danmark er Grundfos, WILO og Smedegaard. A pumper kan findes på Elsparefondens hjemmeside og på http://www.sparepumpe.dk/, hvort der også er større tørløbere repræsenteret</p>
Litteratur	<p>”Den lille blå bog om sparepumper”, der kan downloades fra http://www.elforsk.dk/projektinfo.asp?projektID=67. Grundfos programmer WEBCaps og Wincaps og tilsvarende pumpevalgsprogrammer fra WILO og Smedegaard.</p>
Problemområder	<p>Der udskiftes ofte til for store pumper i store varmeanlæg. Værktøjer til hurtigt pumpevalg bør udbredes, se fx http://www.elforsk.dk/projektinfo.asp?projektID=67</p>
Alternativ løsning	<p>Der er ikke alternativer til eldrevne pumper i eksisterende ejendomme. Anlæg med naturlig cirkulation kan principielt konstrueres</p>
Anlægspriser og energibesparelse	<p>Enfamilehuse: udskiftning til A pumpe sparer 150 – 400 kWh pr. år, svarende 300 – 1.000 kr. pr. år. I 2009/ 2010 findes en aftale om en udskiftningspris inkl. arbejds løn og moms på kr. 3.000,- dette giver en gunstig tilbagebetalingstid også for en udskiftning uden havari.</p> <p>Etageejendom med 1 strengsanlæg: ved hjælp af pumpevalgsværktøjet er bestemt et flow på 20 m³/h. Der sidder to stk. pumper UPS 65-120, monteret i parallel, ca 10 år gamle. Normalt kører kun den ene pumpe. Elforbruget er målt til ca. 1.100 W. Den samlede drifttid for de to pumper er 7000 timer. Der er monteret</p>

kontraventiler og parallel arrangementet giver sammen med kontraventilen et tryktab på ca 4 m. Tryktabet over anlægget er ca 5 m. Der bruges for 15.400 kr i strøm pr år.

Der monteres en enkelt TP 65-60, 1400 omdr. Ureguleret. Pumpen koster ca. 7.000 ex moms. Med montering, fjernelse af gamle pumper kontraventiler mm. bliver den samle installationspris kr. 20.000,-inkl moms. Strømforbruget er ca. 500 W i 7.000 timer, i alt 3500 kWh, der koster kr 7000 inkl moms. Der spares altså kr. 8.400,- pr år og tilbagebetalingstiden er 2 – år. Dette eksempel viser at det i visse tilfælde betaler sig med den aller.simpleste løsning

Økonomi

Teknisk levetid (år):ca 15 år

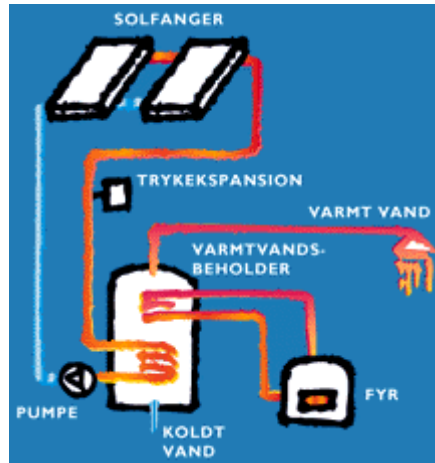
Tilbagebetalingstiden fra ca 2 år og opefter afhængig af forholdene.

7.6 Solfangere til opvarmning af brugsvand

Generelt

Solvarmeanlægget leverer supplerende varme til brugsvandet. Solvarme er relativt dyrt og er derfor mest relevant i bygninger opvarmet med olie-, gaskedel eller elradiatorer. Det er især oplagt at etablere solvarme samtidig med udskiftning af tagbelægning, varmtvandsbeholder eller kedel.

Skitse



Principskitse af typisk anlæg

Teknik

Solvarmeanlægget består af en solfanger som anbringes på taget gerne med orientering mellem SØ og SV og hældning mellem 15 og 70° (lodret placering kan dog også komme på tale). Solvarmeanlæggets optimale størrelse skal dimensioneres i forhold til varmtvandsforbruget. Ofte regnes i boliger med et areal på 0,7 – 1 m² solfanger pr. person. Ved større anlæg noget mindre areal pr. person. Solfangeren indeholder en frostsikret væske, som cirkulerer solvarme til en varmeveksler nederst i solvarmebeholderen. Det varme brugsvand eftervarmes i toppen af beholderen med den eksisterende supplerende energikilde. Det er som regel nødvendigt at udskifte den eksisterende varmtvandsbeholder med en ny solvarmebeholder. I et typisk parcelhus med fire beboere og 4 m² solfanger bør der benyttes en solvarmebeholder på minimum 200 liter. Hvis der er flere end fire beboere bør beholderens volumen øges med 50 liter for hver ekstra beboer.

Anvendelse

Er især relevant når varmtvandsbeholderen alligevel skal udskiftes og når der er et varmtvandsforbrug om sommeren, da anlægget om sommeren kan dække hele behovet for varmt vand.

Barrierer

Hvis bygningen er fredet eller lignende, er det muligvis ikke tilladt at installere solfangere på taget.

Vurdering

Solvarmeanlæg udnytter solenergien til produktion af forureningsfri varme, og er med til at udfase de fossile brændstoffer, hvilket reducerer CO₂ udslippet og har en positiv signalværdi

- Indeklima

-

- Brugerkomfort/-venlighed

Et solvarmeanlæg kan udbygges med varmeveksler m.v., så der kan holdes komfortvarme på eksempelvis køkken- og badeværelsesgulvene hele sommeren

- Drift og vedligehold

Cirkulationspumpe til solfangerkreds

- Arkitektur

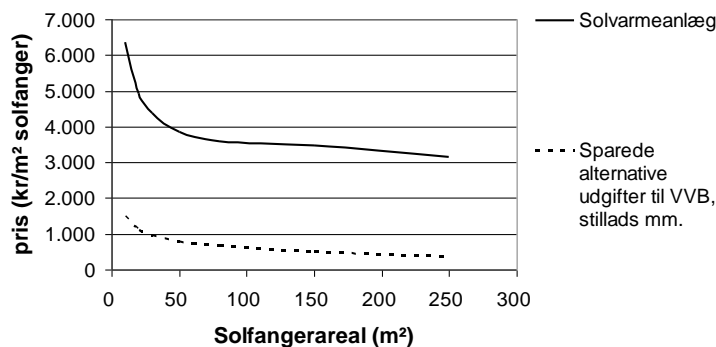
Det kan i nogle tilfælde være svært at integrere solfangeren arkitektonisk i eksisterende bygninger. Hvis problematisk kan den i stedet placeres enten fritstående eller på andre bygninger på grunden

Energiforsyningsnet

I visse fjernvarmeområder er det ikke tilladt at installere solvarme

- Myndighedskrav** Der stilles kun få lovkrav til solfangere. Lokalplaner kan hindre solfangere. Installationen udføres efter gældende regler og forskrifter vedr. vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer. Der bør vælges komponenter og anlæg, som er godkendt.
- Produkt-henvisninger** Godkendte solvarmekomponenter: <http://www.god-solvarme.dk/>
 Godkendte solvarmeproducenter: <http://www.solenergi.dk/>
 Certificerede solvarmeinstallatører: <http://www.kso-ordning.dk/>
 Dansk Solvarme Forening: <http://www.dansksolvarmeforening.dk/>
- Litteratur** Nyheder og information om solvarme: www.altomsolvarme.dk
 Videntcenter for energibesparelser i bygninger: Energiløsninger: Solvarmeanlæg til varmt brugsvand: <http://www.byggerienergi.dk/26665>
 Bolius faktablad om aktiv solvarme: www.bolius.dk
- Problemområder** Solvarmeanlægget kan ikke dimensioneres til at klare hele varmtvandsforsyningen om vinteren. Korrekt installation er afgørende for energibesparelsens størrelse.
- Alternative løsninger** Solvarmeanlæg til varmt brugsvand samt rumopvarmning.
- Anlægspriser** Prisen for et parcelhus anlæg med 4 m² solfanger, varmtvandsbeholder på 200 liter og inkl. installation ligger typisk mellem 25.000 og 35.000 kr. inkl. moms (marts 2010). Overslagspriser for et veldimensioneret solvarmeanlæg (store anlæg) fremgår af kurven. Anlægsprisen fordyres væsentligt, hvis der er langt mellem solfanger og solvarmebeholder, men der kan være store variationer. Den stiplede streg angiver de udgifter der spares, hvis varmtvandsbeholderen alligevel skal skiftes eller stillads er tilgængeligt pga. en samtidig klimaskærmsrenovering mm.

Overslagspris for solvarmeanlæg (inkl. installation, ekskl. moms)



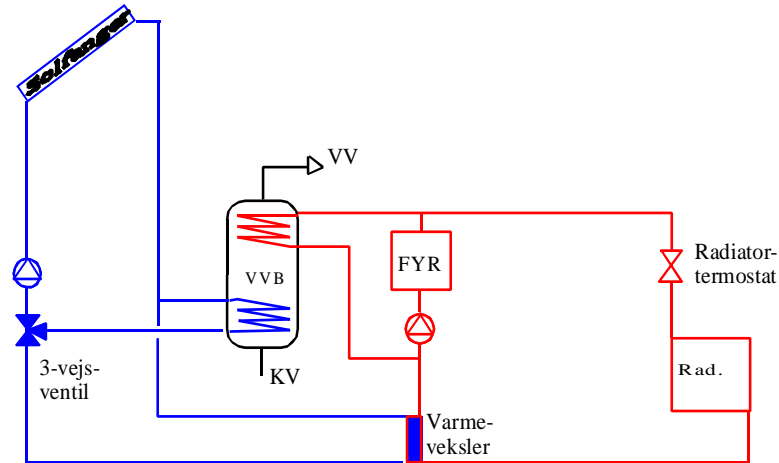
- Energibesparelse** Energibesparelsen afhænger af varmtvandsforbruget og kan udregnes med f.eks. Be06 eller et solvarmesimuleringsprogram. Energibesparelsen er typisk mellem 300 og 550 kWh/m² solfanger + evt. yderligere besparelser f.eks. i form af sparet tomgangstab fra en kedel, som kan være af samme størrelsesorden (hvis den slukkes om sommeren).
- Økonomi** Teknisk levetid: mindst 20 år. Der er ikke væsentlige driftsudgifter til et solvarmeanlæg. Solfangerpumpen har et mindre elforbrug som ofte delvis kompenseres ved besparelser på el til drift af resten af varmeanlægget. Hvis der antages en anlægspris på 25.000 kr. for anlæg med 4 m² solfanger, en levetid på 20 år og en energibesparelse på 400 kWh/m² kan der beregnes en energisparepris på 0,8 kr/kWh.

7.7 Kombinerede solvarmeanlæg til rum- og brugsvandsopvarmning

Generelt

Solvarmeanlægget leverer supplerende varme til rumopvarmning og til brugsvandet. Solvarme er relativt dyrt og er derfor mest relevant i bygninger opvarmet med olie-, gaskedel eller elradiatorer. Det er især oplagt at etablere solvarme samtidig med udskiftning af tagbelægning, varmtvandsbeholder eller kedel.

Skitse



Principskitse af typisk anlæg

Teknik

Solvarmeanlægget består af en solfanger som anbringes på taget gerne med orientering mellem SØ og SV og hældning mellem 15 og 70° (lodret placering kan dog også komme på tale). Ofte regnes i boliger med et areal på 1,5- 2 m² solfanger pr. person. Ved større anlæg noget mindre areal pr. person. I et typisk parcelhus med fire beboere og 7 m² solfanger bør der benyttes en solvarmebeholder på minimum 300 liter. Sådanne anlæg kan dække ca. 65 % af energiforbruget til varmt brugsvand og derudover ca. 15-30 % af rumvarmeforbruget. Solvarmeanlægget kan ikke dimensioneres til at klare hele varmtvandsforsyningen om vinteren. Solvarmeanlæg til rumopvarmning er mere komplicerede end solvarmeanlæg kun til brugsvand. Derfor anbefales det at anvende solfangerfabrikanter markedsførte anlæg eller at designe anlægget i samarbejde med en specialist. Solfangeren indeholder en frostsikret væske, som cirkulerer solvarme til en varmeveksler nederst i solvarmebeholderen. Varmen til rumopvarmning leveres som regel fra en veksler i solfangerkredsen, men kan også levers fra solvarmebeholderen. Det varme brugsvand eftervarmes i toppen af beholderen med den eksisterende supplerende energikilde. Det er som regel nødvendigt at udskifte den eksisterende varmtvandsbeholder med en ny solvarmebeholder. Solvarmen kan også leveres til et fjernvarmesystem.

Anvendelse

Tiltaget er anvendeligt, når der er rumopvarmningsbehov om sommeren (f.eks. varme i et badeværelsesgulv). Tiltaget anbefales udført i forbindelse med udskiftning af tagbelægning, varmtvandsbeholder eller kedel

Barrierer

Lille varmeaftag i sommermånederne. Hvis bygningen er fredet eller lign. er det muligvis ikke tilladt at installere solfangere på taget.

Vurdering

Solvarmeanlæg udnytter solenergien til produktion af forureningsfri varme, og er med til at udfase de fossile brændstoffer, hvilket reducerer CO₂ udslippet og har en positiv signalværdi

- Indeklima

-

- Brugerkomfort/-

-

venlighed

- Drift og vedligehold

Der forekommer lidt drift til solfangerpumpen.

- Arkitektur

Arkitekturen ændres ikke væsentligt. Det er udelukkende solfangerne på taget der

Energiforsyningsnet

I visse fjernvarmeområder er det ikke tilladt at installere solvarme

Myndighedskrav

Der stilles kun få lovkrav til solfangere. Lokalplaner kan hindre solfangere. Installationen udføres efter gældende regler og forskrifter vedr. vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer. Der bør vælges komponenter og anlæg, som er godkendt.

Produkt-henvisninger

Godkendte solvarmekomponenter: <http://www.god-solvarme.dk/>

Godkendte solvarmeproducenter: <http://www.solenergi.dk/>

Certificerede solvarmeinstallatører: <http://www.kso-ordning.dk/>

Dansk Solvarme Forening: <http://www.dansksolvarmeforening.dk/>

Litteratur

Nyheder og information om solvarme: www.altomsolvarme.dk

Videncenter for energibesparelser i bygninger: Energiløsninger: Solvarmeanlæg til varmt brugsvand og opvarmning: <http://www.byggeriogenergi.dk/26665>

Bolius faktablad om aktiv solvarme: www.bolius.dk

Problemområder

Solvarmeanlægget kan ikke dimensioneres til at klare hele varmtvandsforsyningen om vinteren. Korrekt installation er afgørende for energibesparelsens størrelse.

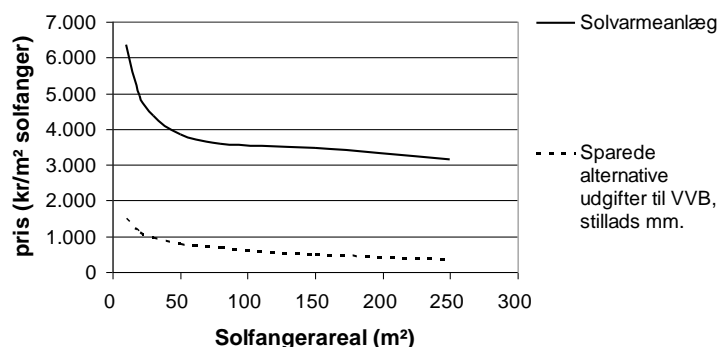
Alternative løsninger

Solvarmeanlæg til opvarmning af varmt brugsvand – hvis der f.eks. ikke er behov for rumopvarmning om sommeren.

Anlægspriser

Et lille anlæg koster typisk 50.000 kr. i anlægspris inkl. 7 m² solfanger og en beholder på 300 liter. Bortset fra at der om regel benyttes større solfangerareal er prisen for store anlæg ikke væsentligt dyrere (f.eks. 10 %) end prisen for et stort brugsvandsanlæg. Overslagspris for et brugsvandsanlæg fremgår af kurven. Anlægsprisen fordyres væsentligt, hvis der er langt mellem solfanger og solvarmebeholder. Der kan dog være store variationer. Den stiplede streg angiver de udgifter der spares, hvis varmtvandsbeholderen alligevel skal skiftes eller stillads er tilgængeligt pga. en samtidig klimaskærmsrenovering mm.

Overslagspris for solvarmeanlæg (inkl. installation, ekskl. moms)



Energibesparelse

Energibesparelsen af hænger af varmtvands- og rumvarmeforbruget og kan udregnes bl.a. med Be06 eller et solvarmesimuleringsprogram. Energibesparelsen er typisk mellem 300 og 550 kWh/m² solfanger + evt. yderligere besparelser f.eks. form af sparet tomgangstab fra kedel, som kan være af samme størrelsesorden (hvis den slukkes om sommeren).

Økonomi

Teknisk levetid: mindst 20 år. Solfangerpumpen har et mindre elforbrug som ofte

delvis kompenseres ved besparelser på el til drift af resten af anlægget. Økonomien i et solvarmeanlæg til både varmt brugsvand og rumvarme er omtrent den samme som for et brugsvandsanlæg.

7.8 Etablering af solcelleanlæg på tagflader

Generelt

Forslaget omhandler etablering af nettilsluttede solcelleanlæg for eksempel i forbindelse med at taget alligevel skal renoveres på en- og flerfamiliehuse.

Forslaget forudsætter at der er en tagflade til rådighed med en hældning på 20-50 grader og en orientering på +/- 45 grader mod syd. Flade tage kan dog også benyttes, såfremt der kan etableres stativer med en passende hældning.

Skitse



Foto: Würth Solar

Teknik

Der vil typisk være tale om anlæg der er baseret på serieproducerede solcellemoduler af krystallinsk eller amorft silicium eller evt. nyere typer så som CIS moduler, alle udført som glaslaminater med eller uden ramme af aluminium. Arealet vil typisk være fra 10-50 m², alt efter hvor effektive solceller der er anvendt, samt hvor stor del af elforbruget der ønskes dækket på årsbasis. Modulerne kan monteres på følgende måder:

- Stativ monteret over tagfladen
- Montage på nedsænket undertag.
- Specialmoduler integreret direkte i tagsystem.

Anlæggene leveres med vekselretter for tilslutning til det elektriske net, idet overskudsstrøm udveksles med nettet via en tovejs elmåler.

Anvendelse

Solcelleanlæg kan etableres på alle bygningstyper, men er mest relevant hvor de fortrænger el til højeste takst – det vil sige private husstande der kan drage fordel af nettoafregningsordningen (1:1 afregning af solgt el til nettet). Størrelsen er dog begrænset til 6 kW pr husstand, eller pr 100 m² for institutioner, for at denne ordning er gældende.

Barrierer

Solceller kræver en del plads, typisk 10-50 m², for at kunne dække en væsentlig del af boligens elbehov, og kan derved komme i konkurrence med tagvinduer og solvarmeanlæg. Eventuelt kan facaden også udnyttes.

Vurdering

Kræver en stor investering, men har også en stor indflydelse på energirammen, da el vægtes med en faktor 2,5. Solceller kan især være relevante når det er vanskeligt eller dyrt at gennemføre andre energibesparende tiltag

- Indeklima

-

- Brugerkomfort/-venlighed

Regelmæssig aflæsning af display, ellers ingen krav

- Drift og vedligehold

Muligvis udskiftning/reparation af vekselretter i løbet af levetiden

- Arkitektur	Betydelig indflydelse på bygningsudtrykket, men der er meget stor produktvariation
Energiforsyningsnet	Kan kun fungere sammen med et velfungerende elnet, ellers skal der etableres et (dyrt) batterilager
Myndighedskrav	Ingen krav ud over CE mærkning samt installation i henhold til Stærkstrømsbekendtgørelsens afsnit 712. Der kan dog være lokale servitutter der forhindrer tagplacerede solceller.
Produkt-henvisninger	Forhandlerlister kan bl.a. findes på www.solarplaza.com samt www.solenergi.dk
Litteratur	BYG-SOL Solenergi i byggeriet” af Cenergia m.fl. 2008. (incl. Regneark): Kan hentes på www.solarcitycopenhagen.dk ”Rationel montage af solcelleanlæg i tagflader” PSO projektrapport, kan findes på www.solenergi.dk/tagmontage
Problemområder	Det er vigtigt at vælge produkter som arkitektonisk passer til husets stil, dette er især en udfordring ved røde tegltage. Det er vigtigt at undersøge om der falder skygger på solcellefeltet, så dette kan tages med i projekteringen. Solcelleproduktionen er oftest meget følsom for om der tages hensyn til skygger. Endelig kan det være et praktisk problem at komme til at montere beslag under eksisterende tagflade, særligt ved understrøgne tegl og snævre loftsrum.
Alternative løsninger	Egenproduktion af VE-elektricitet kan også realiseres med mini-vindmøller på bygningen, men erfaringerne hermed er ikke entydigt positive, og indtil videre er vindmøllestrøm ikke regnet ind i bygningers energiramme. Mikrokræfter er under udvikling, men er normalt kun rentabelt ved større installationer
Anlægspriser	Standardanlæg på 2-5 kWp monteret udenpå tag: 40-50.000 kr/kW inkl. moms Standardanlæg integreret i tag: 50-60.000 kr/kW inkl. moms. Evt. fradrag for sparet tagbelægning: 200-500 kr/m ² Store anlæg over 10 kWp kan bygges for 25-30.000 kr./ kW. Prisen svinger en del som følge af udbud og efterspørgsel på det internationale marked, men er generelt faldende. Kvadratmeterprisen er omkring 2000 kr. for de billigste produkter med lav specifik ydelse op til ca. 5000 kr. for de mest effektive
Energibesparelse	For typiske nettilsluttede anlæg i Danmark kan man regne med en ydelse på 800-900 kWh for hver installeret kW elektrisk effekt. Omregnet til areal, kan ydelsen typisk svinge fra 50 til 150 kWh/m ² modulareal, alt efter om der er brugt en mere eller mindre effektiv solcelletype.
Økonomi	Teknisk levetid (år): 25-30 år for solcellemodulerne. Vedligeholdelse (kr/år): kr. 1000 inkl. moms afsættes til evt. reinvestering i veksleretter Typisk investering 150.000-200.000kr inkl. moms for et anlæg på 4kW mærkeeffekt Besparelse 1. År : 2kr/kWh x 4kW x 850kWh-1000kr = 5800 kr/år Energisparepris = 175.000/(25 x 5800) = 1,2 kr/kWh (uden finansieringsomkostninger)

7.9 Etablering af luft-vand varmepumpe

Generelt

Forslaget omhandler etablering af luft-vand varmepumpe i forbindelse med udskiftning af oliefyr i murermesterhus, 70'er villa, skole, boligblok og et kontorbyggeri.

Skitse



Foto: Teknologisk institut

Teknik

De luft-vand varmepumper der opsættes er serieproducerede anlæg som består af en udedel som placeres udenfor huset, samt en varmtvandsbeholder med styring og prioritering af brugsvand og centralvarme. Etableringen af varmepumpen er relativt simpel da der skal trækkes to varmerør fra udedelen til beholderen som oftest er placeret inde i boligen. Dette gør at de er lette at opstille ved almindelige villaer og ejendomme, da der ikke stilles krav til plads til jordslanger. Ved etablering af større anlæg opstilles en eller flere varmepumper parallelt således at den rette effekt opnås i forhold til bygningens opvarmningsbehov.

Selve varmepumpeenheten har typisk en levetid på omkring 15 år, men levetiden er meget afhængig af vind og vejrforhold og om der er meget salt i luften som ved f.eks. ved et miljø tæt ved havet.

Varmepumperne er opbygget således at de enten producerer brugsvand eller centralvarme, herved sikres det at varmepumpen hele tiden kører med den lavest mulige fremløbstemperatur, hvilket er vigtigt for at opnå en høj effektivitet. I forbindelse med etableringen af varmepumpeanlægget er det vigtigt at varmeafgiver systemet kontrolleres for at sikre at radiatorer er af den rette dimension. Dette skyldes at fremløbstemperaturen er lavere fra varmepumpen end for oliefyr, og dette bevirker at den afgivne effekt fra radiatorerne er mindre.

Ved lave udelufttemperaturer vil anlæggets fordampere isse til. Anlægget skal derfor automatisk kunne afrime.

Anvendelse

Luft-vand varmepumper anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af oliefyr i villaer eller i ejendomme udenfor den kollektive energiforsyning, og hvor der er ikke er plads til etablering af jordslanger.

Barrierer

Luft-vand varmepumper kan være svære at opstille i tætte bebyggelser da BR 2010 sætter nogle krav til varmepumpens støjniveau som kan være svære at overholde.

Vurdering	Investering er en smule større end ved etablering af et nyt kondenserende olie-gasfyr. Men varmepumpen har en positiv indflydelse på energirammen for bygningen set i forhold til kondenserende olie- og gasfyr.
- Indeklima	-
- Brugerkomfort/-venlighed	Varmepumpen er meget brugervenlig da den ikke kræver daglig pasning eller kontrol.
- Drift og vedligehold	Er kølemiddelfyldningen større end 1 kg kræves serviceeftersyn hvert år.
- Arkitektur	Luft-vand varmepumpen kan være svære at indpasse i forbindelse med bygningens arkitektur, da den skal stå frit og uafdækket i forbindelse med huset.
Energiforsyningsnet	Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning ellers gives der ikke fritagelse for tilslutningspligt.
Myndighedskrav	Installationen overholder kravene i BR 2010. Selve varmepumpen skal være CE mærket
Produkt-henvisninger	Produktlister kan bl.a. findes på energistyrelsens hjemmeside.
Litteratur	www.varmepumpeinfo.dk
Problemområder	Støj fra varmepumpen kan være et problem, samt at radiatorsystemet ikke er egnet til de lavere fremløbstemperaturer for varmepumpeanlæg.
Alternative løsninger	Jordvarme
Anlægspriser	Standardanlæg fra 6-9 kW inkl. moms fra 65000 kr og op.
Energibesparelse	Det afhænger af den tidligere opvarmingskilde og forbrug.
Økonomi	Teknisk levetid (år): 15 år Ved et oliefyr med en effektivitet på 80 % og en oliepris på 10 kr/liter vil prisen for en kWh varme være 1,25 kr/kWh Ved opvarmning med varmepumpe med en effektivitet på 3,0 og en elpris på 2,0 kr/kWh vil prisen for en kWh varme være 0,666 kr/kWh

7.10 Etablering af luft-luft varmepumpe

Generelt

Forslaget omhandler etablering af luft-luft varmepumpe i forbindelse med energirenovering murermesterhus, 70' er villa, skole, boligblok og et kontorbyggeri. Luft-luft varmepumper vælges typisk når der er tale om energirenovering af en bygning hvor der ikke i forvejen er et vandbærent varmeafgiversystem. Men kan også benyttes hvis der i forbindelse med renoveringen skal laves ventilation med kanalsystem. Typisk bruges denne type varmepumper i forbindelse med bygninger som er elopvarmede

Skitse



Teknik

De varmepumper der opsættes består typisk af en udedel og en indedel, men der findes dog også udedele som kan tilsluttes flere indedele, således at opvarmningen kan dækkes i flere rum. Typisk er der tale om aircondition anlæg som udover at køle kan vende kredsløbet således at de også kan varme. Indedelen kan fås i mange forskellige udformninger. Gulvmonteret, vægmonteret, loftsmonteret eller kanal monteret, så der er god mulighed for at vælge en inddel der passer til behovet i bygningen.

De fleste luft-luft varmepumper som sælges i dag består af en udedel og en indedel for vægmontage. Selve varmepumpeenheten har typisk en levetid på omkring 15 år, men levetiden er meget afhængig af varmepumpens drift. Luft-luft varmepumperne er lette at montere, og rørene fylder ikke mere end at det kan skjules i en kabelbakke. De luft-luft varmepumper der anvendes i dag er meget optimerede med hensyn til styring og regulering. Og de regulerer alle efter en rumtemperatur føler.

Ved lave udelufttemperaturer vil anlæggets fordampere isefrysning. Anlægget skal derfor automatisk kunne afrime.

Anvendelse

Luft-luft varmepumper anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af elvarme i villaer eller i ejendomme udenfor den kollektive energiforsyning

Barrierer

Den største barriere for opsætning af en luft-luft varmepumpe er støj fra både indedelen og udedelen. Varmepumpen skal overholde støjkraven i BR10. Desuden kan træk i forbindelse med indblæsningen fra indedelen være et problem

Vurdering

Luft-luft varmepumpen kræver ikke en større investering i det anlæggene fås fra 13.000.- kr. og op plus montage. Investeringen tjener sig typisk ind i løbet af 1-3 år, i form af sparede opvarmnings-omkostninger. Varmepumpen har en effektivitet over 3,0 og bidrager derfor positivt på energirammen for boligen

- Indeklima

Som regel giver luft-luft varmepumpen et bedre indeklima idet den øgede luftcirkulation giver en bedre varmefordeling og mindsker eventuelle fugt gener.

	Dog kan der ved for stor lufthastighed eller uhensigtsmæssig montage forekomme træk gener
- Brugerkomfort/-venlighed	Varmepumpen er meget brugervenlig den kræver ikke daglig pasning og kontrol. Det tilrådes at filtrene renses eller skiftes årligt. Varmepumpen leveres typisk med en fjernbetjening til regulering af temperaturen. Nogle modeller leveres med GSM modul således at de kan betjenes og kontrolleres fra mobiltelefonen
- Drift og vedligehold	Er fyldningen over 1 kg kræves service hvert år. Ellers er det filtre der skal renses.
- Arkitektur	Indedelen fås i forskellige udformninger således at de er til at indpasse i bygningen. Udedelen har dog stadig form som en kasse, og kan være svær at indpasse. Det der taler for luft-luft varmpumpen er at montagen af rør ikke er dyr eller pladskrævende set i forhold til vandbårne systemer eller kanalsystemer
Energiforsyningsnet	Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning ellers gives der ikke fritagelse for tilslutningspligt
Myndighedskrav	Installationen overholde kravene i BR10, specielt kan støj være et problem. Selve varmpumpen skal være CE mærket
Produkt-henvisninger	Produktlister kan bl.a. findes på elsparefondens hjemmeside
Litteratur	www.varmepumpeinfo.dk
Problemområder	Overholdelse af støjkrav kan være et. Samt hensigtsmæssig placering af indedel.
Alternative løsninger	Andre former for varmpumper kan benyttes men det kræver typisk et vandbåret opvarmningssystem eller etablering af kanalsystemer
Anlægspriser	Standardanlæg af en god kvalitet på 4-6 kW incl montage og moms 15-20.000 kr
Energibesparelse	Det afhænger af den tidligere opvarmingskilde og forbrug
Økonomi	Teknisk levetid (år): 15 år Ved elopvarmning en elpris på 2,0 kr/kWh vil prisen for en kWh varme være 2,0 kr/kWh. Ved opvarmning med varmpumpe med en effektivitet på 3,2 og en elpris på 2,0 kr/kWh vil prisen for en kWh varme være 0,625 kr/kWh.

7.11 Etablering af jordvarmeanlæg

Generelt

Forslaget omhandler etablering af jordvarmeanlæg i forbindelse med udskiftning af oliefyr i murermesterhus, 70'ers villa, skole, boligblok og et kontorbyggeri. Forslaget forudsætter at der er tilstrækkeligt areal til nedgravning af vandrette jordslanger.

Skitse



Teknik

De jordvarmeanlæg der opsættes er serieproducerede anlæg hvor varmepumpen er indbygget i et kabinet sammen med varmtvandsbeholderen. Dette sikrer at de er lette at opstille i almindelige villaer og parcelhus. Ved etablering af større anlæg opstilles en eller flere varmepumper i en parallelkobling således at den rette effekt opnås i forhold til bygningens opvarmningsbehov. Jordslangerne udlægges i parallelle løb og således at der er det rette antal meter i forhold til det energioptag der er nødvendigt for opvarmningen af bygningen. Selve varmepumpeenheten har typisk en levetid på omkring 15 år, men levetiden er meget afhængig af varmepumpens drift. Jordslanger har en levetid på minimum 30 år. Som udgangspunkt skal der bruges 25-35 meter jordslange pr. kW dimensionerende varmetab for bygningen. Men der skal i hvert enkelt tilfælde laves en eksakt beregning og dimensionering af hensyn til anlæggets drift.

Varmepumperne er opbygget således at de enten producerer brugsvand eller centralvarme, herved sikres det at varmepumpen hele tiden kører med den lavest mulige fremløbstemperatur, hvilket er vigtigt for at opnå en høj effektivitet. I forbindelse med etableringen af varmepumpeanlægget er det vigtigt at varmeafgiver systemet kontrolleres for at sikre at radiatorer er af den rette dimension. Dette skyldes at fremløbstemperaturen er lavere fra varmepumpen end for oliefyr, og dette bevirker at den afgivne effekt fra radiatorerne er mindre

Anvendelse

Jordvarmeanlæg anvendes typisk i forbindelse med udskiftning af oliefyr i villaer eller i ejendomme udenfor den kollektive energiforsyning, og hvor der er plads til etablering af jordslanger

Barrierer

Jordvarmeanlæg kræver en del plads typisk omkring 35 m² jordareal pr kW dimensionerende varmetab fra bygningen. Desuden kræver det at varmeanlægget kan køre med den lavere fremløbstemperatur

Vurdering

Kræver en stor investering, men det har også en positiv indflydelse på energirammen for bygningen da varmepumpens effektivitet er fra 3,0 og op, dog benyttes der el som primær energikilde hvilket straffes med en faktor 2,5 men varmepumpen bidrager overordnet set positivt til at mindske det primære energiforbrug for bygningen, set i forhold til olie og gas

- Indeklima	-
- Brugerkomfort/-venlighed	Varmepumpen er meget brugervenlig da den ikke kræver daglig pasning eller kontrol. Der kræves et serviceeftersyn hvert år. Men ellers kræver anlægget ikke noget af brugeren.
- Drift og vedligehold	Der kræves service hvert år og kontrol af jordslangekreds ellers intet.
- Arkitektur	Jordvarmeanlægget er efter etablering en meget diskret opvarmningsform da selve jordslangen er skjult. Så anlægget påvirker ikke arkitekturen
Energiforsyningsnet	Ved lavenergibyggeri kan der gives fritagelse for tilslutning til kollektiv energiforsyning
Myndighedskrav	Inden etablering af jordslanger skal søges tilladelse ved kommunen. Ellers skal installationen overholde kravene i BR10. Selve varmpumpen skal være CE mærket
Produkt-henvisninger	Produktlister kan bl.a. findes på energistyrelsens hjemmeside
Litteratur	www.varmepumpeinfo.dk http://www.varmepumpeinfo.dk/
Problemområder	Tilstrækkeligt tilgængeligt jordareal kan være et problem, samt at radiatorsystemet ikke er egnet til de lavere fremløbstemperaturer for jordvarmeanlæg
Alternative løsninger	Der kan ved mangel på jordareal etableres anlæg med lodrette jordslanger. Alternativt kan søvand og havvand benyttes som energikilde. Forskellige former for energifangere kan også benyttes
Anlægspriser	Standardanlæg fra 6-9 kW med jordslange inkl. moms 120.000 kr og op
Energibesparelse	Det afhænger af den tidligere opvarmningskilde og forbrug
Økonomi	Teknisk levetid (år): 15 år Ved et oliefyr med en effektivitet på 80 % og en oliepris på 10 kr/liter vil prisen for en kWh varme være 1,25 kr/kWh Ved opvarmning med varmepumpe med en effektivitet på 3,2 og en elpris på 2,0 kr/kWh vil prisen for en kWh varme være 0,625 kr/kWh

7.12 Mikrokraftvarme

Generelt

Mikrokraftvarme er anlæg til anvendelse i enfamiliehuse. Enhederne producerer såvel el som varme. Huset er fortsat koblet til elnettet, og det er ikke enhedens væsentligste formål at dække elforbrug i huset fuldstændigt. Installation vil typisk sigte på at opnå et stort antal årlige driftstimer og her dække en væsentlig del af husets varmeforbrug. Den el, der i tilknytning hertil produceres, anvendes i huset og fortrænger dermed indkøbt el. Hvis elproduktionen fra enheden er større end elforbruget i huset, kan den overskydende el ”eksporteres” til elsystemet; afregningspris for dette er dog p.t. (ultimo 2009) ikke gunstig.

Skitse



Mikrokraftvarmeanhed gulvstående Mikrokraftvarmeanhed vægthængt Mikrokraftvarme, principskitse

Teknik

De mikrokraftvarmeanheder, der p.t. er på markedet, anvender traditionel motor eller Stirling-motor som kraftproducerende enhed. En række varmevekslere overfører varme fra såvel køling af drivmaskine som røggas til udnyttelse i husets varmeanlæg.

Højeffektive og støjsvage brændselscellebaserede anlæg er under udvikling og test. Det vil nok tage nogle år, før disse reelt introduceres på markedet.

For at kunne dække spidslastvarmebehov i årets koldeste periode er mange enheder forsynet med en brænder til supplerende varmeproduktion. Hermed vil enheden helt kunne erstatte en kedel.

Den producerede el på mikrokraftvarmeanlægget fortrænger el produceret andetsteds (forventeligt kul-kondens produktion) og hermed opnås primærbrændselsbesparelse

Anvendelse

Mikrokraftvarmeanhederne sættes ind i stedet for en traditionel kedel. For at kunne klare varmeforsyningen også i de koldeste dage er der oftest indsat en supplerende brænder, så den nødvendige varmeeffekt kan leveres. Hermed kan flere af enhederne yde op mod 25 kW varme, som angivet i produkttabellen.

For optimal udnyttelse, komfort og elproduktion vil et tilknyttet varmelager oftest være en fordel. Dette kan eksempelvis være en stor varmtvandsbeholder eller en specialvarmelagertank.

Barrierer

Med gældende afregningsforhold for el vil eksport til nettet i perioder med elproduktion, der aktuelt overstiger husets forbrug, ikke kunne betale sig, da prisen for solgt el typisk er omkring 0,35 kr/kWh, mens der betales fuld afgift for energien til anlægget. Dette betyder, at anlæggene enten dimensioneres mindre, eller der køres dellast i nævnte perioder. Dette betyder, at husets varmegrundlag ikke udnyttes maksimalt til samproduktion af el og varme.

En barriere for introduktion kan være, at anlæggene stadig er noget dyrere end en kedelløsning. Installation er derfor mest hensigtsmæssig, når kedlen skal udskiftes.

Ekstraprisen skal da for forbrugeren hentes ind over sparet elindkøb.

Mikrokraftvarmeanlæg er ny teknologi. Langtidserfaring mht. holdbarhed er endnu ikke fuldt dokumenteret.

En ejerskabsform, hvor en tredjepart tog den tekniske og økonomiske risiko, samkørte service mv. for et større antal anlæg og kunne fjernstyre disse, og hvor forbrugeren blot købte varme til aftalt pris, kunne formentlig fremme installation.

Vurdering

Kendskab til husets varme- og elforbrug over året vil være et meget nyttigt redskab til at vælge den bedst egnede anlægsstørrelse.

Som afregningsforholdene er i øjeblikket (ultimo 2009) for el, vil det ikke kunne betale sig at levere el ud af huset. Anlægget må enten størrelses- eller styringsmæssigt indrettes, så dette ikke sker.

For optimal udnyttelse, komfort og elproduktion vil et tilknyttet varmelager oftest være en fordel. Dette kan eksempelvis være en stor varmtvandsbeholder eller en speciel varmelagertank, gerne 200 liter.

Anlægget vil, hvis der tilkobles varmelagertank, samlet fylde mere end et traditionelt kedelanlæg. Støjniveauet vil også ligge lidt over niveauet for en kedel. Støjeniveauet for de bedste af enhederne på markedet er ca. 44 dB(A).

Energiforsyningsnet

Anlæggene tilkobles gas- eller olieforsyning på samme vis som kedler.

På el siden tilkobles anlæggene husets 220 V system; dette giver normalt ikke tekniske problemer

Myndighedskrav

Tilkobling af et nyt gasapparat skal anmeldes til gasdistributionsselskabet og ligeledes til eldistributionsselskabet for det pågældende forsyningsområde

Produkt-henvisninger

De mikrokraftvarmeprodukter, der enten er på markedet eller er tættest derpå, er iht. DGC's viden ultimo 2009 følgende:

Produkt navn	El-ydelse (KW _e)	Varme ydelse (kW)	Status
Honda/Ecowill ¹⁾	1	3.3	På markedet (>65.000 enheder solgt/opstillet i Japan, er nu under introduktion i Europa)
Whispertec/Efficient Home Energy ²⁾	1	5	På markedet
Baxi ²⁾	1	Op til 25	Klar
Remeha ²⁾	1	Op til 24-28	Produktionslinie klar
Ariston/Merloni/Elco/MTS ²⁾	1	Op til 28	
Vaillant/Viessmann ²⁾	??	??	Intro 2009/2010

1) Gas-motor baseret
2) Stirling-motor baseret

Litteratur

/1/ www.smartpowerfoundation.nl

/2/ www.stromerzeugende-heizung.de

/3/ www.carbontrust.co.uk

/4/ ASUE : Power-Generating Heating Systems

/5/ DGC-rapport: Mini- og mikrokraftvarme; teknologi, potentiale og barrierer; oktober 2006.

Problemområder

Alternative løsninger

Alternativer på varmforsynings siden er forsyning via højeffektiv kedel, solvarme eller varmepumpe. I tilfælde af at huset ligger i fjernvarmeforsynet område, vil varmforsyning fra fjernvarmenettet være en mulighed

Anlægspriser

Salgspris for 1 kW_e mikrokraftvarmeheder ligger typisk i intervallet 45.000 til 55.000 DKK

De fleste leverandører af mikrokraftvarmeanheder sigter på, at installation sker i en situation, hvor kedlen står over for en udskiftning. Da tilbydes i udlandet en mikrokraftvarmeløsning for en ekstra pris på ca. 10.000 til 20.000 DKK.

Energibesparelse

Der opnås principielt ikke energibesparelse ude på opstillingsstedet. Der opnås en økonomisk besparelse foranlediget af egenproduktionens fortrængning af indkøbt el. Der kan måske også opnås en salgspris for el leveret til nettet.

Brændselsforbruget til huset vil stige lidt, idet der nu ud over varme også produceres el.

Produktion af både el og varme i det enkelte hus vil spare en markant primær brændselsmængde andetsteds. Godskrives denne sparede brændselsmængde, vil varmeproduktion ved anvendelse af mikrokraftvarme kunne ske med en virkningsgrad på op til ca. 150 % med de for tiden kommercielt tilgængelige mikrokraftvarmeprodukter.

Enhederne vil bruge ca. 20-30 % mere gas end en kedel; til gengæld omsættes det meste af dette til el. Hvis denne elproduktion/besparelse i indkøbt el værdisættes med den gængse faktor 2,5, opnås således en markant energibesparelse.

CO₂-besparelsen vil afhænge af, hvilket brændsel der fortrænges - en typisk reduktion vil være 1-2 tons pr anlæg.

Økonomi

Med nugældende tarifsatser og en velfungerende installation vil der forventeligt kunne opnås en årlig nettobesparelse på husets energiregning på mellem 500-4.000 DKK.

Levetiden for anlæggene er ikke fuldt dokumenteret.

I udlandet arbejdes med ejerskabsmodeller, hvor et energiselskab (eller andet selskab) ejer og driver anlæggene. Kunden køber så blot sin varme - typisk med en mindre rabat i forhold til hidtidig forsyning.

7.13 Renovering af køleanlæg for ventilationsluft og rumkøling

Generelt

I eksisterende kontorbygninger med kølet ventilationsluft og rumkøling er køleaggregater ofte valgt ud fra installationsomkostninger og sjældent i forhold til driftsomkostningerne i levetiden. Ved renovering er det derfor vigtigt at vælge anlæg og komponenter ud fra de optimale kriterier og med den rigtige energimærkning. Endvidere vil der ofte være mulighed for at reducere driftstiden for anlægget udenfor personalets arbejdstid og lade CTS anlæg hæve fremløbstemperaturen for kølevand udenfor spidslast perioder. Det vil også ofte være muligt at optimere driften af pumper.

Skitse



Teknik

Vandkøleanlæg eller også ofte kaldet chillere er den almindeligste anvendte type til køling af ventilationsluft og findes i både luftkølede og vandkølede versioner.

Dansk Energi udgiver på www.sparechiller.dk en positivliste over markedets mest energieffektive chillere. På hjemmesiden kan der beregnes et overslag på den opnåelige besparelse. En besparelse på 25 % er ikke ualmindelig. Listen bygger på energiklasser som også anvendes på www.eurovent-certification.com, hvor mange flere er registreret (dog ikke med naturlige kølemidler som på den danske liste).

Klimaanlæg med en nominel ydelse på 12 kW og derunder er omfattet af en Europæisk energimærkningsordning, som det også kendes fra husholdningsprodukter. Det anbefales at anvende de A og B mærkede produkter.

Ved at vælge en køleflade med 50 % større areal vil fremløbstemperaturen kunne hæves med op til 3 °C, hvilket med variabel fremløbstemperatur giver mulighed for en besparelse på op til 13 %. For anlæg til køling af friskluft er det dog vigtigt, at trykfaldet igennem kølefladen ikke stiger væsentligt, da ventilatorens merforbrug i så fald kan overstige besparelsen.

Det er vigtigt at sikre sig koordineret styring i rum med både køling og opvarmning (se også afsnit 4.4). Både ved eftermontering af centrale og decentrale køleenheder og ved anvendelse af frikøling, skal ventiler for radiatorer og andre lokale opvarmingsenheder forsynes med aktuatorer, der kan overstyres af rummets styreenhed således at det kan undgås at opvarme og køle samtidigt. I mange tilfælde overlades dette til brugerne af rummet, hvilket medfører store energitab specielt i overgangsperioderne. Der skal ligeledes være særlig opmærksomhed på udformningen af fordelingsanlæg. Hvis disse ikke sektioneres med hensyntagen til bygningens sol og skyggeforhold over dagen, vil der ikke kunne opnås energirigtig drift, og der vil også være vanskeligere at imødekomme brugernes ønsker med hensyn til komfort. Det er ofte tilfældet for friskluftanlæg hvor der er ønske om tempereret luft i bygningens skyggeside og kølet luft i bygningens solside.

Vandbårne køleløsninger til komfortformål er ofte dimensioneret ved fuld last med en temperaturdifferens mellem frem og retur på 4 til 5 °C. Den nødvendige køleeffekt ved køling af friskluft er typisk mindre end 25 % i 80 % af driftstiden, og kun i 5 % af driftstiden er belastningen over 75 %. Dette betyder, at

energiforbruget selv for uregulerede pumper kan reduceres med 50 %, hvis flowet dimensioneres til en temperaturdifferens ved fuldlast på ca. 7 °C. Dette kan ofte med fordel kombineres med en hævnning af fremløbstemperaturen i dellastperioderne (se også afsnit 6.4).

Vær også opmærksom på muligheden for udnyttelse af frikølingspotentialer i udeluften (se afsnit 5.5). Chillere, der skal levere køling til for eksempel serverrum i vinterhalvåret kan suppleres med en frikøler. Afhængig af den årlige belastning og fremløbs-temperaturen for det kølede vand kan besparelsespotentialer være 40 til 60 %.

Anvendelse	I kontorer og lignende bygninger, hvor der anvendes mekanisk køling til komfortformål.
Barrierer	<p>Pladsbehovet for energieffektive køleanlæg kan i nogle tilfælde være større end for det eksisterende anlæg.</p> <p>Ved udskiftning af et funktionsdueligt anlæg kan tilbagebetalingstiden være uacceptabelt lang for chillere til køling af friskluft, hvor kølebehov typisk kun optræder ved udetemperaturer over 15 °C, hvorimod den vil være kortere, hvis der er tale om anlæg med højere årlig belastning.</p>
Vurdering	
- Indeklima	Et godt indeklima vil kunne opretholdes med et væsentligt lavere energiforbrug.
- Brugerkomfort/-venlighed	Optimeret styring og regulering vurderes positivt for brugernes opfattelse af komfort.
- Drift og vedligehold	Ingen større udgifter af betydning til vedligeholdelse i forhold til eksisterende anlæg.
- Arkitektur	Kan have nogen arkitektonisk betydning ved opstilling af anlæg med større pladsbehov.
Energiforsyningsnet	Vurderes ikke at have nogen indflydelse på energiforsyningsnettet
Myndighedskrav	Anlæggene skal opfylde kravene om en maksimal fyldning af syntetisk kølemiddel (HFC) på 10 kg per kølemiddelkreds og inspiceres med hensyn til tæthed i henhold til F-gasregulativet. Anlæg med naturlige kølemidler er ikke omfattet af denne regel. Køleanlæg er omfattet af Arbejdstilsynets krav om mindst et årligt sikkerhedseftersyn, samt Miljøstyrelsens krav vedrørende ekstern støj.
Produkt-henvisninger	www.sparechiller.dk , www.eurovent-certification.com
Litteratur	
Problemområder	Pladsbehov. Dyrt at ændre eksisterende luft- og vandbårne fordelingsanlæg.
Alternative løsninger	Reduktion af den termiske belastning ved montering af solafskærmning, mindske mængden af varmeafgivende udstyr, sænke persontætheden i lokalerne, eventuelt i kombination med køling med udeluft og/ eller naturlig ventilation.
Anlægspriser	Indhent tilbud. Generel prisindikering er ikke mulig grundet store variationer i udførte anlæg.
Energibesparelse	Det samlede energisparepotentiale er 15 % til 40 % på el til drift af køleanlægget. Energibesparelsespotentialer er størst ved en gennemgang af ventilationssystem og køleanlæg som et samlet hele inklusive automatik.
Økonomi	Ved udskiftning af udtjent anlæg vil merprisen for et energirigtigt anlæg ofte være beskeden. Ved optimal indregulering af et eksisterende anlæg vil tilbagebetalingstiden være få år eller endnu kortere.

8 Bygningsdrift

8.1 Commissioning

Generelt

Commissioning går ud på at fylde det hul ud, der opstår mellem byggefasen og driftsfasen vha. samordnet idriftsættelse af byggeri og bygningsinstallationer. Bygninger er i dag udstyret med en bred vifte af tekniske installationer. Mange af de tekniske installationer er indbyrdes afhængige af hinanden, og derfor kræves ofte at bygningen driftsættes samordnet for at sikre brugernes gnidningsfri ibrugtagning af et byggeri.

Et af målene med commissioning processen er at uddanne de personer der forestår bygningens daglige drift og bygningens driftsrutiner. Dette gøres bl.a. ved at udarbejde dokumentation og rutiner for vedligehold og renoveringsplaner.

Commissioning går også ud på at kigge på brugen af bygningen og sikre at anlæggenes funktion ikke kolliderer med brugernes adfærd, med dårligt indeklima og forøget energiforbrug til følge.

Skitse

-

Teknik

Commissioning processen kan være meget forskellig fra byggeri til byggeri og fra firma til firma. Ideelt set starter processen allerede under planlægningen og projekteringen af renoveringen ved at gennemgå tegninger og funktionsbeskrivelser. I byggefasen føres tilsyn med kvalitetsstyringen mens idriftsættelsen går ud på at opstarte de tekniske installationer og vurdere samspillet mellem disse. Under ibrugtagningen fortsætter commissioningprocessen ved at afprøve samspillet af installationerne når bygningen er belastet. Det er vigtigt at driftspersonalet får en grundig indføring i den optimale driftsstrategi og får lejlighed til at sætte sig ind i installationernes indbyrdes afhængighed samt vedligeholdelsesprocedurer og planer for disse.

Anvendelse

Tiltaget er relevant ved større renoveringer af store bygninger med indbyrdes afhængige installationer.

Barrierer

I visse situationer kan det synes underligt for bygherren at skulle betale for at installationerne virker efter hensigten, da mange sikkert vil mene at dette burde være sikret i de enkelte aftaler med underleverandørerne.

Vurdering

En bygning der tages i brug uden samordnet idriftsættelse af installationer og byggeri vil ofte ikke leve op til de indeklimateæssige og energimæssige kvalitetskrav. Commissioningprocessen kan fange mange fejl og mangler og være med til at sætte fokus på bygningens funktionalitet set fra brugerens synspunkt.

- Indeklima

Et af hovedformålene med comissioning er at sikre at indeklimaet lever op til de kvalitetskrav som bygherre har stillet.

- Brugerkomfort/-venlighed

Commissioning tager ideelt set udgangspunkt i brugernes synsvinkel hvilket vil medvirke til en forøgelse af brugernes komfort.

- Drift og vedligehold

En del af commissioningprocessen er udarbejdelse af drift og vedligeholdelsesplaner samt uddannelse af driftspersonale.

- Arkitektur

Tiltaget vil som regel ikke have indflydelse på arkitekturen.

Energiforsyningsnet

Tiltaget sigter mod at installationerne bruges mere hensigtsmæssigt, hvilket vil resultere i et lavere energiforbrug.

Myndighedskrav

Produkt-henvisninger

Foreningen af Rådgivende Ingeniører: www.frinet.dk

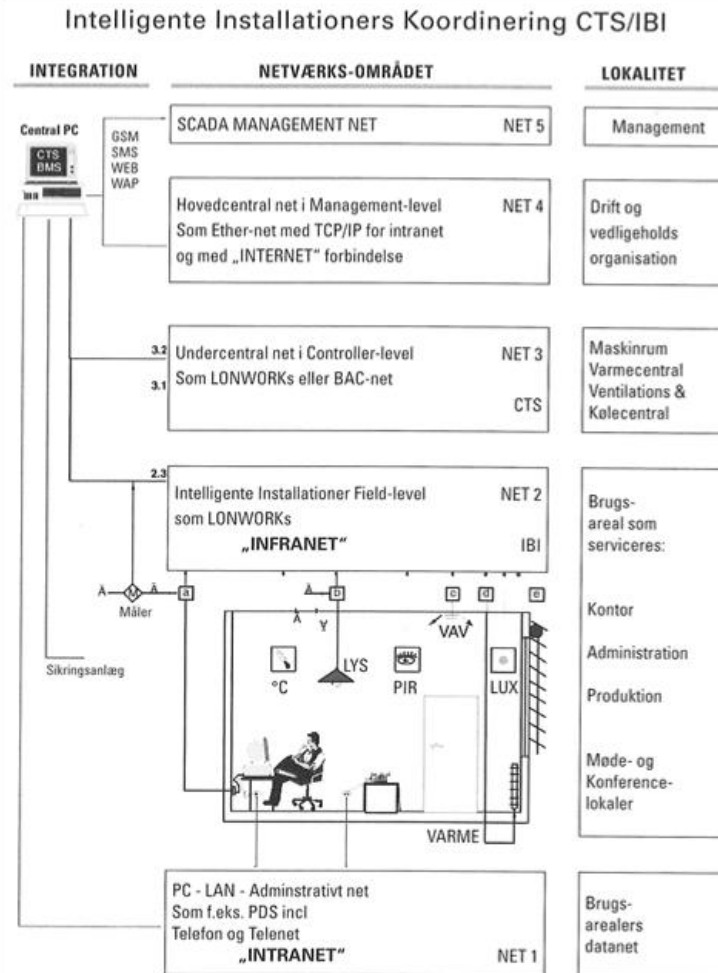
Litteratur	Udredning om strategi for kommende bygningsreglementer med hensyn til kapitel 8: komponenter: http://www.ebst.dk/file/28042/komponentkrav_til_installationer.pdf
Problemområder	-
Alternative løsninger	For større bygninger hvor samspillet mellem de forskellige installationer ofte er kompliceret er der ikke noget alternativ til commissioning.
Anlægspriser	Med commissioning begrebet indføres en ekstra rådgiverfunktion og dermed en ekstra udgift til bygherren. Til gengæld kan processen fange mange fejl og mangler som kan rettes inden bygningen afleveres.
Energibesparelse	Hvis samspillet mellem bygningens tekniske installationer og brugen af bygningen ikke er hensigtsmæssig kan energiforbruget være mange gange større end det teoretiske forbrug.
Økonomi	Tilbagebetalingstiden for commissioning af et typisk byggeri vurderes til at ligge mellem 1-3 år.

8.2 Driftsovervågning og energistyring

Generelt

Ved at overvåge indeklimaet samt centrale elementer i installationerne er det muligt at nedsætte energiforbruget ved kun at sørge for at anlæggene kun leverer ydelser på steder og tidspunkter hvor der er brug for dem. Overvågningen giver også mulighed for at undgå energimæssigt u hensigtsmæssige situationer så som brug af opvarmning og køling på samme tid.

Skitse



Fra ”Energihåndbogen”

Teknik

Mange større bygninger er udstyret med systemer til belysning, opvarmning, aircondition, solafskærmning, ventilation, alarmanlæg osv. der alle er elektrisk styret. For at drive bygningen på den bedst mulige måde er det nødvendigt at alle funktioner kommunikerer med hinanden – og dermed både regulerer sig i forhold til hinanden og f.eks. vejr, teknik og indeklima. Regulering af indeklimaet efter behov medfører indeklimafordele og minimerer samtidig energiforbruget. Ved at regulere elektrisk belysning efter behov samt dagslysniveau sikres at der kun bruges energi på belysning når der er brug for det. På samme måde kan unødigt energiforbrug undgås ved at regulere tilførslen af frisk luft, opvarmningssystemet samt evt. solafskærmning og kølesystemet efter temperaturen og f.eks. CO₂ koncentrationen i lokalet. Dette gøres ofte centralt i bygningen vha. et Centraliseret Tilstandsovervågning og Styringsanlæg (CTS).

I anlæg hvor en egentlig central energistyring ikke er mulig kan en overvågning af driften og energiforbrug bruges til at synliggøre og evt. benchmarking af forbruget i bygningen. Desuden vil overvågning af driften kunne bruges til at registrere ugunstige forhold i systemet så som et køle setpunkt der er sat lavere end

varmesetpunktet i systemet.

Anvendelse	Tiltaget er relevant at kigge på ved renoveringer hvor bygningens energimæssige forhold ændres. Tiltaget er især væsentligt i tilfælde hvor installationer renoveres og specielt i større byggerier med mange installationer.
Barrierer	
Vurdering	Der kan være store fordele ved at overvåge driften og styre energiforbrugende systemer centralt. Det er dog vigtigt at brugerne har så stor indflydelse på indeklimaet som muligt, da dette har en stor påvirkning på oplevelsen af indeklimaet.
- Indeklima	Ved at overvåge indeklimaet og er det muligt at styre driften af installationerne så de ønskede værdier kan opnås. Dette betyder også at systemerne kan drosles ned når der ikke er behov for at de kører på fuld styrke.
- Brugerkomfort/-venlighed	Hvis tiltaget udføres så brugerne kan angive den ønskede temperatur, luftkvalitet, belysningsstyrke osv. vil tiltaget være til gavn for brugerkomforten. Hvis det ikke er muligt for brugerne at angive setpunkter vil de fleste brugere opleve forholdene som mindre komfortable.
- Drift og vedligehold	Ved at overvåge driften og energiforbruget fra de enkelte installationer af installationerne er det nemmere at finde og lokalisere eventuelle fejl i systemerne.
- Arkitektur	Tiltaget kræver at sensorer til overvågning af indeklimaet installeres, hvilket kan have indflydelse på rumindretningen.
Energiforsyningsnet	At styre installationerne efter behov vil have den konsekvens at energiforbruget i nogle perioder vil være meget højt mens det i andre perioder vil være lavt. Tiltaget vil sikre at der kun bruges energi når der er behov for det.
Myndighedskrav	BR10 stiller krav om at temperaturen i alle rum skal kunne reguleres individuelt.
Produkt-henvisninger	Energiforum Danmark: www.energiforumdanmark.dk Brancheforeningen for Industriel Automation – BIA: www.b-i-a.dk
Litteratur	Energihåndbogen – med råd og vejledning. Foreningen for energi og miljø.
Problemområder	Prisen for sensorer samt logning af data kan i visse tilfælde være et problem
Alternative løsninger	
Anlægspriser	Omkostningerne til anskaffelse og installation af anlæg til driftsovervågning af styring varierer meget og afhænger af kravene til styringen og bygningens eksisterende installationer.
Energibesparelse	I forhold til at køre med konstante tilstande i bygningen vil systemet både sørge for et bedre indeklima og spare energi. Energibesparelspotentialet ligger typisk mellem 10 – 30 %.
Økonomi	Nogle energitjenesteselskaber tilbyder aftaler der garanterer kunden en energi- og omkostningsbesparelse, som dækker alle udgifter, der indgår i det aftalte projekt. Dvs. afskrivning af investering samt betaling af energitjenesteselskabet for drift og dokumentation. Hvis leverandøren ikke kan realisere den aftalte garanterede besparelse, betaler leverandøren forskellen til kunden. Disse selskaber går også under betegnelsen 'Energy Service Companies', der forkortes ESCO.

8.3 Brugeradfærd og styring

Generelt	<p>Brugeradfærd har meget stor indflydelse på energiforbruget i en bygning. Studier har vist at den måde hvor bygningen bliver brugt på kan påvirke energiforbruget i bygningen med over 300 %. Andre studier har vist at den gennemsnitlige forbrugers viden om bygningsinstallationers virkemåde er meget lille, hvilket meget let kan fører til forkert brug med et forhøjet energiforbrug som konsekvens. Derfor ligger der et meget stort besparelsespotentialt i at vejlede brugerne i betjeningen af de eksisterende installationer.</p> <p>I forbindelse med renoveringer vil beboerne ofte ændre vaner pga. nye installationer, tættere vinduer osv. I disse situationer vil mange beboere være mere motiverede til at modtage information om hvordan systemerne i den nyrenoverede bolig betjenes mest hensigtsmæssigt. Derfor er det ekstra vigtigt at udarbejde lettilgængeligt informationsmateriale om samspillet mellem bygningens systemer i forbindelse med renoveringer.</p>
Skitse	-
Teknik	<p>Under planlægningen og projekteringen af renoveringen er det vigtigt at overveje muligheder for forkert brug af bygningens systemer så disse kan mindskes. Det er vigtigt at bevare et helhedsorienteret overblik over alle systemer, så man undgår at f.eks. kølesetpunkter kan sættes lavere end varmesetpunkter. Derudover udarbejdes letforståeligt og lettilgængeligt informationsmateriale som kan afleveres til brugerne sammen med den nyrenoverede bygning.</p>
Anvendelse	<p>Tiltaget er relevant ved alle renoveringer men specielt ved renoveringer hvor et af formålene er at sænke energiforbruget vil tiltaget være relevant. Tiltaget er relevant for både boliger og kontorer.</p>
Barrierer	<p>Det kan være svært at trænge igennem til alle brugere. Derfor er det væsentligt at informationsmaterialet er indbydende og lettilgængeligt for alle.</p>
Vurdering	<p>Besparelsespotentialt er stort. Der vil kunne spares energi selvom kun en lille andel af brugerne lære at bruge installationerne hensigtsmæssigt.</p>
- Indeklima	<p>Styringen af indeklimaet vil blive forbedret ved at brugerne bliver fortrolige med hvordan den manuelle indstilling udføres mest hensigtsmæssigt.</p>
- Brugerkomfort/-venlighed	<p>Brugernes accept af de indeklimatiske betingelser vil forøges hvis brugerne er fortrolige med hvordan de kan gøre deres indflydelse gældende. Flere studier har vist at følelsen af kontrol har stor positiv effekt på oplevelsen af indeklimaet. Når brugerne bedre forstår hvordan de kan indstille systemerne efter deres behov vil indeklimaet og bygningen som helhed opleves som mere komfortabel.</p>
- Drift og vedligehold	<p>Ikke relevant</p>
- Arkitektur	<p>Tiltaget vil ikke have indflydelse på arkitekturen.</p>
Energiforsyningsnet	<p>Tiltaget sigter mod at installationerne bruges mere hensigtsmæssigt, hvilket vil resultere i et lavere energiforbrug.</p>
Myndighedskrav	<p>Bygningsreglementet stiller krav om at der for varme anlæg udarbejdes vejledninger for brugen og driften af anlægget. Vejledningen skal indeholde oplysninger om anlæggets muligheder og begrænsninger, herunder indstillinger der påvirker det termiske indeklima i de enkelte rum og evt. anvisning om energioekonomisk drift.</p> <p>For ventilationsanlæg skal der foreligge en fyldestgørende drifts- og vedligeholdelsesinstruktion på dansk samt et sæt hovedtegninger</p>
Produkt-henvisninger	

Litteratur	SBI 175: Varmeanlæg med vand som medium. DS 447 Norm for mekaniske ventilationsanlæg.
Problemområder	-
Alternative løsninger	-
Anlægspriser	Som regel kan en energibesparelse opnås ved en relativt lille investering. F.eks. ved at sende informationsmateriale til beboerne. Skal hele besparelspotentialet udnyttes, kræves som regel en mere intensiv indsats.
Energibesparelse	Hvor meget energi der kan spares afhænger af udgangspunktet. De mest energiforbrugende brugere vil typisk kunne reducere forbruget med op til 66 %.
Økonomi	Små besparelser kan som regel opnås relativt let, ved at vejlede beboere i optimal adfærd. Større besparelser kræver ofte mere vedholdende og vidtgående tiltag. Der vil være betydelige variationer i tilbagebetalingstiden fra den ene bolig til den anden afhængigt af udgangspunktet og tiltagets effekt på de enkelte beboere.

Rapporten udgør et omfattende teknologikatalog over typiske energirenoveringstiltag i eksisterende bygninger. For hvert tiltag er der på en konsistent måde redegjort for de væsentligste aspekter vedrørende teknik, anvendelse, indeklima og brugerkomfort, arkitektur, myndighedskrav, energibesparelse, priser mv.

Rapporten er især målrettet byggebranchens projekterende, men også mange andre interessenter kan have glæde af rapporten.

DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet

Brovej, Bygning 118
2800 Kgs. Lyngby
Tlf. 45 25 17 00

www.byg.dtu.dk

ISBN 9788778773029
ISSN 1601-2917