

Fiin gammel aargang

Energisparing i verneverdige hus

EN VEILEDER UTARBEIDET AV:



Forord

Denne veilederen har som mål bidra med råd og løsninger til hvordan man på en skånsom måte kan redusere energibruken i verneverdige bygninger. Veilederen retter seg primært mot verneverdige boliger, men temaet er overførbart også til andre typer bygninger.

Veilederen er utarbeidet av SINTEF Bygg og miljø, avdeling Arkitektur og byggteknikk, av en prosjektgruppe bestående av prosjektleder Eir Grytli, prosjektmedarbeidere Inger Andresen, Käthe Hermstad og redaktør Wibeke Knudsen.

Geir Eggen ved Interconsult har gitt innspill til avsnittet om varmpumper og Tor Helge Dokka har gitt innspill til kapitlet om ventilasjon.

Prosjektet er støttet av Byantikvaren i Oslo og Enova SF, som også har fungert som eksterne kvalitetssikrere, representert ved byantikvar, sivilarkitekt Hans Jacob Hansteen og sivilarkitekt Anne Gunnarshaug Lien.

Vi har fått anledning til å benytte en del illustrasjoner fra eksisterende bygningslære-bøker, både nye og gamle. Vi vil særlig takke for illustrasjonsmateriale fra "Anders Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner" (1993) og "Brønne, Drange og Aanensen: Gamle trehus" (1992).

Prosjektet er realisert ved hjelp av finansiell støtte fra følgende instanser:

ENOVA SF
Riksantikvaren
Husbanken
Byantikvaren i Oslo

Det er dessuten lagt inn en betydelig egeninnsats fra SINTEF og samarbeidende miljøer ved Fakultet for arkitektur og billedkunst, NTNU.

Vi takker alle som har bidratt til realiseringen av veilederen, både faglig og økonomisk!

Trondheim, juni 2004

Eir Grytli
Prosjektleder

Innhold

FORORD	2
INNHold	3
INNLEDNING	4
DEL 1:	
NORSKE VERNEVERDIGE HUS	9
TREBYGNINGER	10
MURBYGNINGER	17
DEL 2:	
REDUKSJON AV ENERGIBRUK	21
INNLEDENDE VURDERINGER	22
TILTAK PÅ BYGNINGSKROPPEN	25
INNSTALLASJONER	41
OPPSUMMERING	58
ET EKSEMPEL	60
REFERANSER	64

Innledning

Gamle hus forteller sin historie til oss, minner oss om tider som har gått, og knytter oss sammen med de som brukte huset før oss og de som kommer etter. Husets evne til å fortelle sine historier ligger i dets materialer, overflater og detaljer - spor av levd liv og svunne tider. Denne egenskapen er sårbar og kan lett gå tapt gjennom omfattende endringer.



Ringve gård, Trondheim

Innledning

Om denne veilederen

Det finnes mye generelt informasjonsmaterieell om energiøkonomisering i bygninger. Denne veilederen tar spesielt for seg de problemstillinger som reiser seg ved planlegging av oppgradering av bygningers komfortnivå og energiprofil i eldre, verneverdige bygninger. Veilederen er et hjelpemiddel for bedre å håndtere overlappende interessefelt i byggesaker der både bygningsvern og miljøhensyn er på dagsordenen.

Veilederen henvender seg mot:

- Enøk-orienterte fagfolk/rådgivere om hvordan hensyn til vern kan innarbeides i enøkplanlegging
- Offentlig forvaltning: Kulturminne/byggesaksforvaltning og rådgivere om muligheter for enøktiltak forenlige med vernehensyn
- Byggforvaltere og huseiere med løsninger som ivaretar både hensyn til energibruk og til vern ved planlegging av tiltak.

Etter å ha lest denne veilederen, skal man ha fått basiskunnskap om ulike enøk-tiltak, og hvilke bygningsmessige inngrep dette vil medføre. Med dette grunnlaget er det også lettere å få oversikt over muligheter for en aktuell byggesak, å ta gode beslutninger samt å få oversikt over ytterligere informasjon man har nytte av å hente inn.

Kan bruk av fornybar energi redusere behovet for inngrep i verneverdige bygninger? I Villa Nova i Oslo fra 1904, er det installert varmepumpe for å redusere behovet for kjøpt energi. (Foto: W.Knudsen)



Veilederen legger vekt på tiltak som ikke fører til store inngrep og stor grad av utskifting av bygningsdeler og materialer. Ved å presentere en stor bredde av tiltak, synliggjør veilederen at man ved å samordne en rekke mindre tiltak kan oppnå vel så mye som ved å gjennomføre større tiltak på bygningens bekostning.

Veilederens første del gir en innføring i tradisjonelle norske hustyper, sortert etter materialbruk og konstruksjonsmetode. Her illustreres egenart, styrker og svakheter for hver enkelt hustype.

Andre del gjennomgår en del aktuelle tiltak for å redusere varmetap og forbedre energiprofilen til huset gjennom bygningsmessige forbedringer og endring av energikilde/distribueringsystem. Hovedvekten er lagt på tiltak som retter seg mot behovet for oppvarming fordi oppvarming utgjør det største energibehovet for en eldre bolig (ca 75-80% av det totale energibehovet). Tiltak for å redusere oppvarmingsbehov kan samtidig medføre noen av de mest dramatiske bygningsmessige konsekvensene.

Vi håper at veilederen kan være til inspirasjon og nytte for alle som arbeider med å finne gode, skånsomme løsninger til beste for vår bygningsarv, miljøet og ikke minst brukerne av husene.

Innledning

Bruksgjenstander og kulturminner

Bygninger utgjør en viktig og synlig del av den norske kulturarven. Sammen med billedkunst, litteratur og musikk er bygningskulturen noe av det som mest karakteriserer oss som nasjon og vitner om vår kulturelle egenart. Bygninger omgir oss og danner ramme om våre liv. De danner òg visuelle og estetiske omgivelser som angår oss alle, ikke bare eieren av det enkelte hus. Bygninger skiller seg imidlertid fra andre kulturuttrykk ved at de samtidig er bruksgjenstander. De er bygget for å fylle funksjonelle behov, noe de fleste bør fortsette å gjøre. Et lite mindretall av bygninger er underlagt musealt vern, der bruken tilpasses byggets verdi som kulturminne og alminnelige krav til komfort, funksjonalitet o.l. er underordnet. Imidlertid er ikke dette tilfelle for langt den største andelen av den eldre norske bygningsmassen. Det aller meste av eksisterende bebyggelse består av "alminnelige" hus som er og skal være i alminnelig bruk, men som likevel kan ha høy kulturhistorisk verdi. Det er ikke ønskelig at disse ender som museumsgjenstander hverken i et historisk, økonomisk eller samfunnsmessig perspektiv.

Vindusdetalj fra Villa Stenersen, Oslo. Gjennomsiktige og opake flater gir spennede forhold mellom interiør og eksteriør. (Foto: K.Hermstad)



Et gammelt hus er som et gammelt menneske, med sine smilerynker og spor etter tid som har gått og liv som har blitt levd. Hardhendt fornying kan frata huset noe av sin personlighet. Villa Balderslund i Balestrand er i gode hender. (Foto: K.G.Noach)



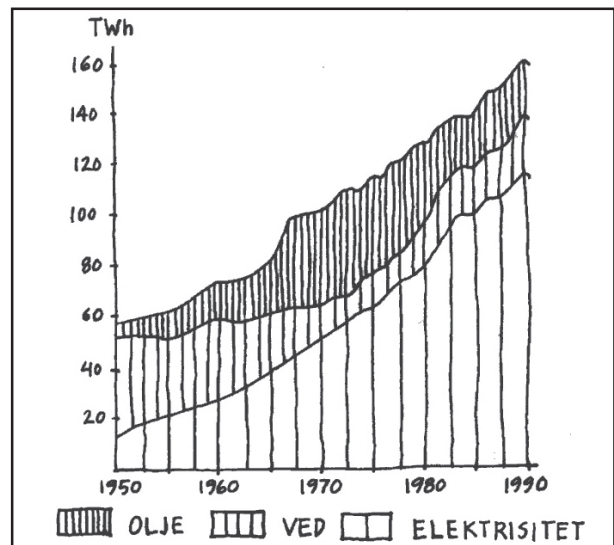
Innledning

Energiøkonomisering – også i verneverdige hus

Beboerne i verneverdige bygg er ofte er bevisst de verdiene som knytter seg til deres gamle bolig og ønsker å bevare bygningen så uendret som mulig. De fleste ønsker likevel en akseptabel bostandard og komfort, sett i lys av moderne krav. Ikke minst gjelder dette innetemperatur. De færreste liker å ha det trekkfullt og kaldt, noe som ofte er situasjonen i gamle hus. Kalde hus betyr også høye fyringsutgifter. Tiltak som øker komforten og senker energibruken vil derfor være høyst relevante når gamle hus skal rehabiliteres.

I tillegg til inneklimaspørsmål er energibruk i bygninger et viktig samfunnsmessig spørsmål. Boliger bygget før 1956 bruker årlig omkring 20 TWh, eller nesten 50% av det totale forbruket av energi i den norske boligmassen. Forbruk av energi er en av de viktigste kildene til de alvorligste miljøproblemene verden står ovenfor i dag. Energiforbruken utgjør en betydelig miljøbelastning i form av utslipp til vann og luft, forbruk av ikke-fornybare ressurser, og naturinngrep i forbindelse med kraftanlegg, uttak av energiresurser og overføring av energi.

Bolighus fra 1890-årene i Weidemannsvei i Trondheim med detaljrik, original fasadekledning. (Foto: W. Knudsen)



Energiforbruk i norske boliger. Kilde: SSB-rapport 21/93)

I Norge har vi lenge hatt god tilgang på ren fornybar energi i form av vannkraft. Men den innenlandske energiforbruken er nå så høy at vi i perioder må importere energi. I år med lite nedbør er Norge nå nettoimportør av energi. I et slikt perspektiv er det vanskelig å hevde at eldre trekkfulle hus er miljøvennlige. Skal kulturminnevern være god ressurs- og miljøpolitikk, bør en ta energiproblemet på alvor også når det gjelder eldre verneverdige hus, og ikke forvente at slike hus er "spesialtilfeller" hvor det må aksepteres at energiforbruket er høyt.

Tilsvarende hus, men der utvendig etterisolering, utskiftning av kledning og vinduer har endret bygningens uttrykk vesentlig. (Foto: W.Knudsen)



Innledning

Etterisolering – nærliggende, men ikke alltid den beste løsningen

Ikke alle enøktiltak er like forenlig med bevaring av gamle bygningers karakter. Den løsningen mange først tenker på er etterisolering av ytterveggene, enten innvendig eller utvendig. Dette tiltaket kan imidlertid ha flere uheldige virkninger som gjør at det ofte ikke anbefales for verneverdige bygninger.

Etterisolering medfører vanligvis at originale kledninger og bygningsdetaljer forsvinner og vil kunne føre til at bygningen endrer utseende. Dette er ikke forenlig med vern av bygningen. I en del tilfeller kan det også foreligge juridiske restriksjoner på tiltak som medfører fysiske endringer på eksisterende bygninger.

Dersom huset ligger i et område som er regulert til spesialområde for bevaring etter plan- og bygningsloven, vil tiltak som endrer bygningens utseende utvendig kunne være i strid med loven. Er huset fredet etter kulturminneloven kan også interiørmessige endringer være lovstridige. Av disse husene er relativt mange i bruk som boliger.

Utvendig etterisolering er en risikabel affære for gamle hus, der både innklima og identitet står på spill. (Foto W.Knudsen)



Etterisolering kan også være skadelig for eldre bygninger. Det finnes mange eksempler på at hus har fått forfall på grunn av feil utført etterisolering. Gamle bygninger kan fortsatt være i teknisk god stand på tross av høy alder, men husets gode "helsetilstand" er ofte avhengig av en viss naturlig utetthet og kanskje også et varmetilskudd innenfra. Blir huset for tett, kan det medføre utvikling av store byggskader på kort tid.

Etterisolering medfører i praksis mye riving og utskifting av materialer. Dette er lite gunstig i et ressurs- og miljøperspektiv. Byggebransjen er en av de samfunnssektorene som står for det største forbruket av råvarer og produksjon av avfall. Det fokuseres i dag på muligheter for å øke gjenbruk av byggematerialer i ulike former/foredlingsgrader. Det å bruke bygningen så intakt som mulig – uten å skifte kledninger - må sies å være den edleste form for gjenbruk. Derfor er en mest mulig skånsom utbedring av bygninger også i tråd med god ressurs- og miljøforvaltning.

Etterisolering kan bli omfattende og investeringen står ikke alltid i forhold til energi- og kostnadsbesparelsen man oppnår. Det finnes mange tiltak som er mer nærliggende å begynne med som kan være både billigere, enklere og mer skånsomme for gamle hus.

DEL 1:

NORSKE
VERNEVERDIGE
HUS

Tre er et tradisjonsrikt materiale i boliger i vårt kalde klima, og ennå er så godt som alle norske småhus bygget av tre. Murmaterialet kom senere i bruk i boliger, men har alltid hatt høyere status enn tre. Med bybrannene ble mur etter hvert påbudt for byboliger. Forskjellige tiders stil og smak, tilgjengelig byggeteknisk kunnskap og økonomiske vilkår har gitt oss en spennende og mangfoldig bygningsarv å forvalte.



Bakklandet, Trondheim.

Trebygninger



Tre er tradisjonelt det mest brukte materialet i Norge for bygninger brukt til varig opphold. Trebygninger er svært utbredt i Norge og er en viktig del av vår arkitektoniske og kulturelle historie og identitet. Trematerialet har i seg selv relativt god isolasjonsevne på grunn av at tørt trevirke inneholder mye luft, men trebygningers energiegenskaper er først og fremst avhengig av hvordan de konstruktivt er bygget opp.

For eksempel har en 15 cm tykk laftevegg U-verdi ca 1,0, mens en mer moderne bindingsverksvegg med 20 cm mineralull har U-verdi ca 0,25.

Tre er et levende, organisk materiale som reagerer på klimaendringer og andre påvirkninger fra det ytre miljøet. Dette gjør seg særlig gjeldende når trevirket er nytt, men trekonstruksjoner vil "leve" og bevege seg gjennom hele levetiden avhengig av variasjoner i luftfuktighet, mekaniske belastninger og andre påvirkningskrefter. Treverk er også utsatt for angrep fra råtesopper og andre skadeorganismer, særlig ved høy varig fuktighet i trevirket.

Per Amundsagården, Røros. Bygget på slutten av 1700-tallet. Selv i det kalde klimaet på Røros sto tømmerveggene uten kledning. (Foto: E.Grytli)



Trær er levende organismer og hver enkelt trestokk er unik. Tidligere var det høy bevissthet omkring valg av trevirke til forskjellige formål i bygninger. Det ga hus med god bestandighet mot tidens tann.

Trebygninger

Laftede hus

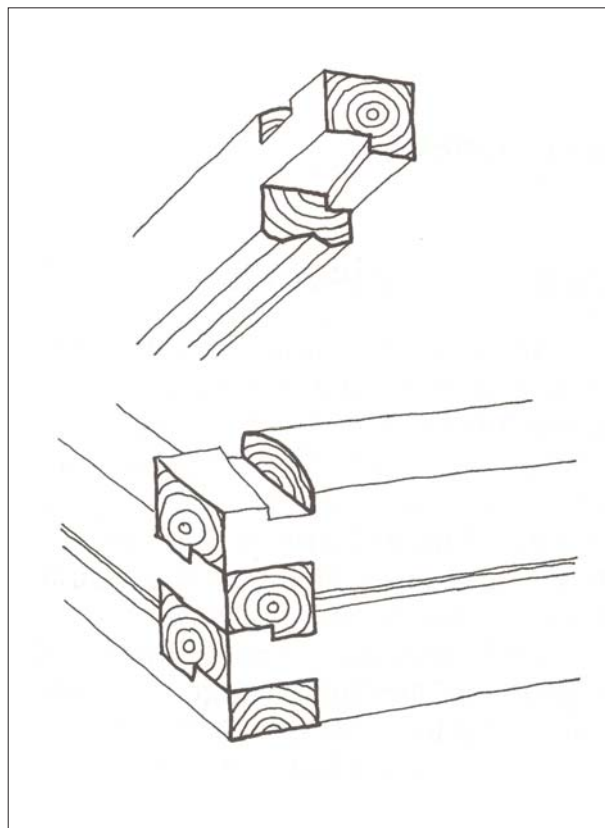
Fram til omkring 1900 ble de aller fleste bolighus av tre i Norge oppført i laftekonstruksjon. Denne konstruksjonen er i prinsippet et byggesett som lett kan demonteres og flyttes. Deler kan repareres uten store inngrep og husene har derfor ofte høy levetid. Denne teknikken var dominerende i hus for varig opphold for mennesker og dyr fordi laftekonstruksjonen gir relativt tette og varme hus, sammenliknet med andre uisolerte trekonstruksjoner. I dag er lafting først og fremst brukt i fritidsboliger.

I lafting legges massive trestokker på hverandre i en horisontal konstruksjon. I hjørnene føyes stokkene sammen ved ulike former for nov. Fra gammelt av hadde novene utstikkende laftehoder, mens 1800-tallets sinknov og senere kamnov gav en tettere sammenføyning og et slett hjørne. Disse to novene egnet seg godt for innkledning med panel.

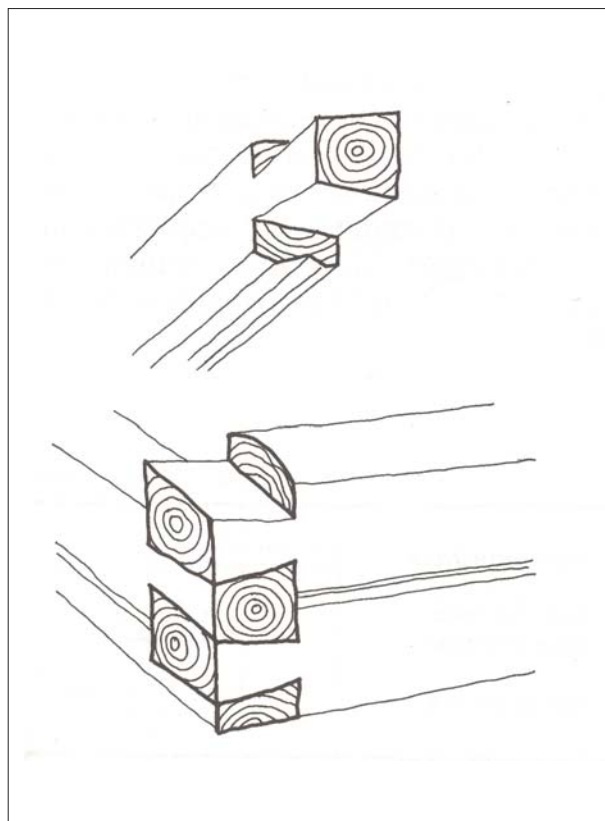
Fram til slutten av 1800-tallet var laftestokkene rundtømmer som for det meste ble kanthogd eller sideskåret på to sider. Bredden på laftestokken skulle være minst 5", på Vestlandet minst 3". Langs undersiden ble det hogd en fure – et medfar – som gjerne ble tettet med mose.

Plankelaft (maskinlaft, sagskåret laft) kom i bruk mot slutten av 1800-tallet, særlig i kystdistriktene. I plankelaftet er medfaret erstattet av pløyde profiler. Tykkelsen på laftestokkene er 2 ½" – 4". Plankelaft kan være oppført av så tynne materialer at vertikal avstivning (strekfisker) er nødvendig for å stabilisere vegg.

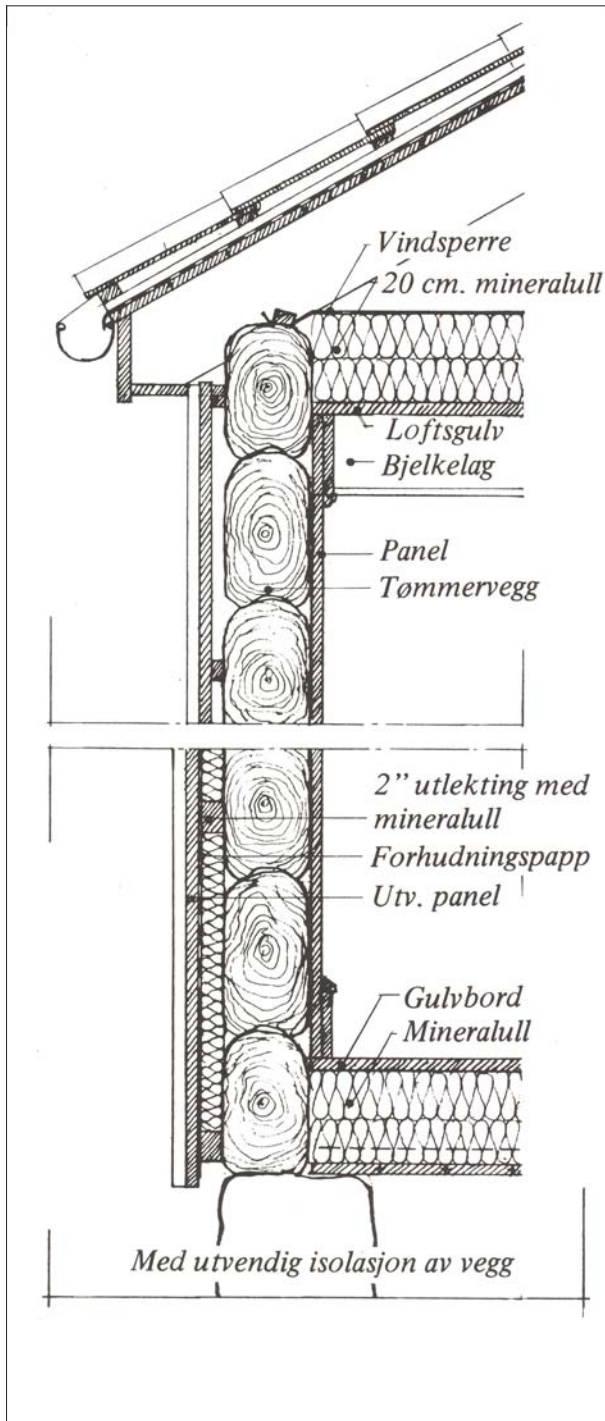
Eldre laftemetoder innebar oftest at novhodene stakk ut.



Skisse av kamnov (over) og sinknov (under). (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)



Trebygninger



Detalj av en tømmervegg. Bjelkelaget mot terrenget og loftet er etterisolert. Ytterveggen er etterisolert utvendig. (Brønne, Drange, Aanensen: Gamle trehus)

Til å begynne med stod laftehusene med synlig tømmer. Ettersom sagteknikken ble utviklet og mekanisert utover 1700- og 1800-tallet ble det vanlig å kle husene utvendig og delvis innvendig med panel. Denne utviklingen fant først sted i byene og blant de velstående, men panelkledning fikk etter hvert stor utbredelse også på vanlig boligbebyggelse, spesielt langs kysten. I innlandsstrøkene finner vi fortsatt eldre boligbebyggelse med ukledte tømmervegger.

Utvendig panel hadde både en funksjonell og en estetisk rolle. Panelet tjente som en værhud mot nedbør og vind og kunne lettere fornyes enn selve tømmerveggen. I tillegg ble husene tettere og varmere innvendig. Men ikke minst gav den panelete veggflaten et forfinet preg på huset. Kombinert med maling, som også ble vanlig utover på 1800-tallet, fikk panelet stor betydning for bebyggelsens arkitektoniske uttrykk. Fra rundt 1900 ble det vanlig å komplettere panelkledningen med en vindtett papp (forhudningspapp).

Lafting gir en relativt tett veggkonstruksjon fordi den presses sammen av husets vekt. En ny laftevegg synker/krymper opptil 3 cm per høydemeter vegg. De største problemene oppstår dersom det ikke ble tatt hensyn til dette når bygningen ble oppført. Dersom huset f.eks. er blitt panelt før huset har rukket å "sette seg" vil veggen kunne bli glissen. Tømmeret kan også henge seg opp på vertikale bygningsdeler som f.eks. skorsteiner, og det kan oppstå sprekker dersom grunnmuren synker.



På grunn av store vannskader på fundamentet, måtte dette bygget fra 1847 løftes opp mens et nytt fundament ble konstruert. (Foto: The Arcola Mills Historic Foundation)

Trebygninger

Reisverk

Begrepet reisverk brukes av og til som benevnelse på vertikale trekonstruksjoner generelt. Konstruktivt er det imidlertid stor forskjell på reisverk og f.eks. bindingsverk, og med hensyn til tetthet og varmeisolasjon er de også forskjellige. Det egentlige reisverk er en bærende rammekonstruksjon av stolper og sviller, med løst innsatte veggplanker som utfylling i rammeverket. Teknikken er kjent fra siste halvdel av 1700-tallet, hvor bærekonstruksjonen er fylt ut med loddrette firhogde stokker i samme dimensjon som rammeverket. Men det var særlig under sveitserstilperioden fra 1850 fram mot 1900 at reisverksveggen ble utviklet videre til en avansert, materialbesparende konstruksjon. Som utfylling i rammeverket ble det vanlig å bruke plank i stedet for stokker. Datidens bygningslov foreskrev at rammeverket skulle ha en minstetykkelse på 5", mens planken skulle ha en tykkelse på minst 3". Ved oppførelsen ble rammeverket satt opp først, og etterpå ble plankene tredd inn og drevet tett sammen. Dette var viktig for veggens tetthet. På begge sider av planken ble det lagt ett eller to lag papp. Rammeverk og skråavstivere som ble montert utenpå planken dannet grunnlag for en stående kledning, som er det mest vanlige på reisverkshus. Reisverksvegger er alltid kledd med panel, og den jevne veggflaten uten utstikkende novhoder passet godt til det sene 1800-tallets sirlige fasader med glatt panel og rik ornamentering.

Utover på 1900-tallet ble det utviklet enklere former for reisverk, der stolpekonstruksjonen ble erstattet med at veggplankene ble det bærende elementet. Planken var fra 2 ½ - 3" og forsynt med not og fjær. I disse konstruksjonene ble planken spikret til svillene, og man kunne ikke lenger drive dem sammen. Dette stilte store kvalitetskrav til materialene, noe som ikke alltid var lett å oppfylle. De forenklede reisverksveggene ble derfor i mange tilfeller mer trekkfulle enn reisverk i rammekonstruksjon, selv med vindtetting (2 lag papp og panel på begge sider). Det ble også utviklet pre-cut- og elementbyggesystemer basert på reisverkskonstruksjon, f.eks. "Svenskehusene" som ble innført til Norge etter 2. verdenskrig. Når reisverksvegger ble bygget helt opp til omkring 1955, skyldes dette først og fremst at bygningsloven ikke tillot bindingsverk uten fyll i hulrommet (brann- og varmeisolasjon), og at det ennå var mangel på egnet isolasjonsmateriale.



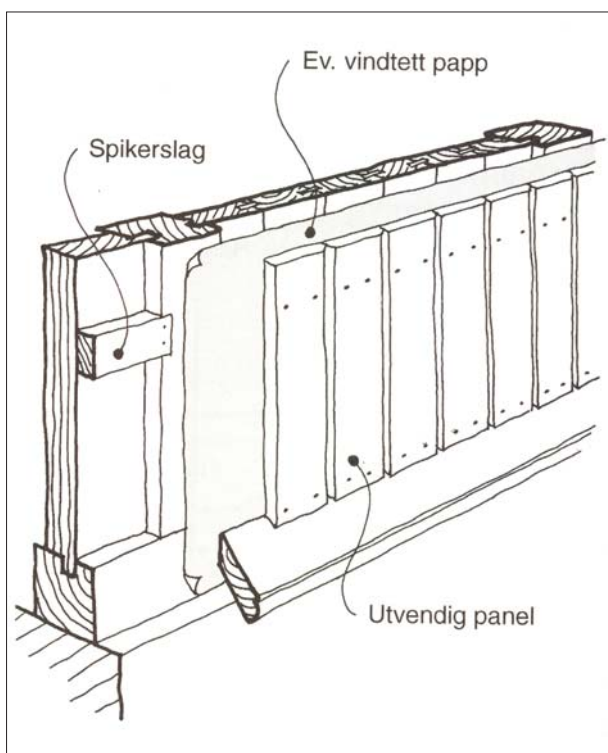
Villa Breidablikk, Stavanger. Bolighus fra siste del av 1800-tallet har ofte rikt dekorerte fasader med profilert panel, balkonger, altaner og maskinhøvlet listverk. Husene er ofte oppført i reisverkskonstruksjon. (Foto: D.Nilsen)



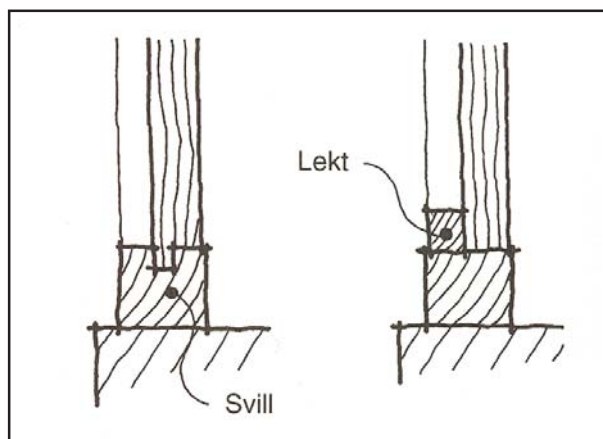
Svenskehus fra svenskebyen i Bodø. Husene ble bygget som elementhus basert på reisverkskonstruksjon (Foto: Brønne, Drange Aanensen: Gamle trehus)

Trebygninger

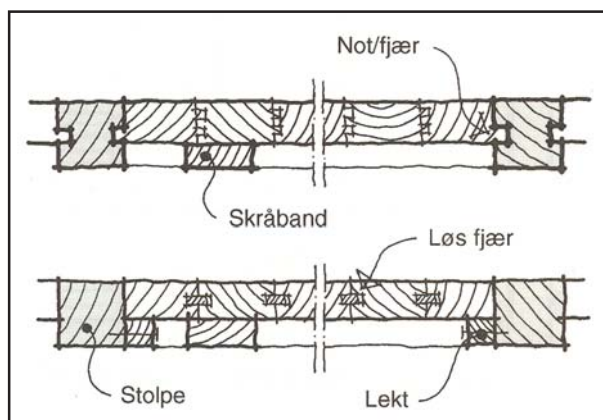
Fordelen med reisverksveggen sammenliknet med lafteveggen er at veggen krymper langt mindre når tømmeret tørker. Mens laftehuset måtte stå upanelt inn- og utvendig i lengre tid mens huset "satte seg", synker reisverksveggen bare ubetydelig, fordi krympingen i stokkens lengderetning er langt mindre enn i stokkens bredde. Derfor kunne huset ferdigstilles med utvendig panel, detaljer og innredning straks. På den andre siden er reisverkveggen mer utsatt for å bli glissen og trekkfull, da de vertikale veggplankene ikke presses sammen av veggens tyngde når de tørker, som i lafteveggen. Reisverkshus har derfor med en viss berettigelse ord på seg for å være kalde. Men i mange tilfeller går det an å forbedre denne konstruksjonen på en skånsom måte med hensyn til varmeisolasjon.



Oppbygging av reisverksvegg. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)



Vertikalsnitt gjennom reisverksvegg. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)



Horizontalsnitt gjennom reisverksvegg. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)

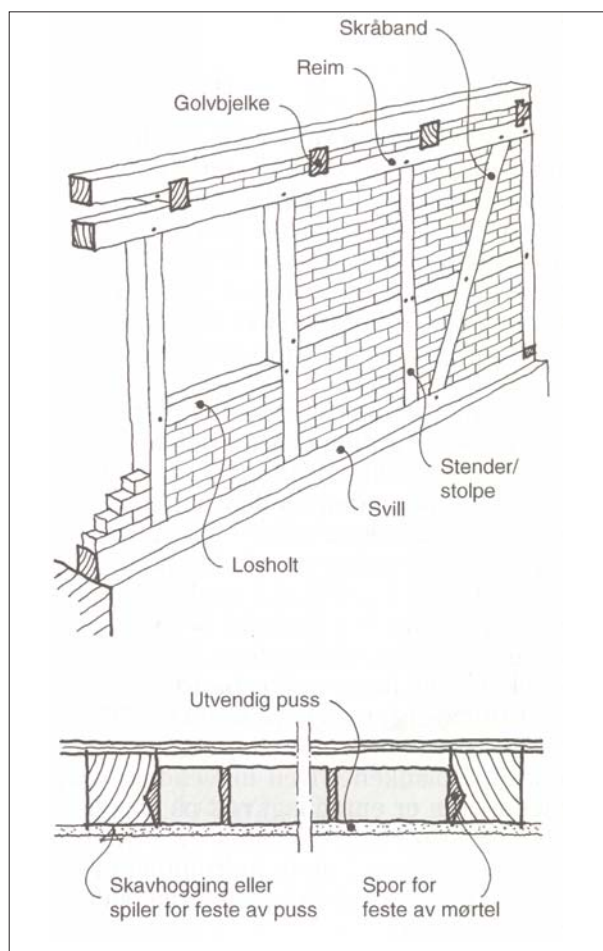
Trebygninger

Bindingsverk

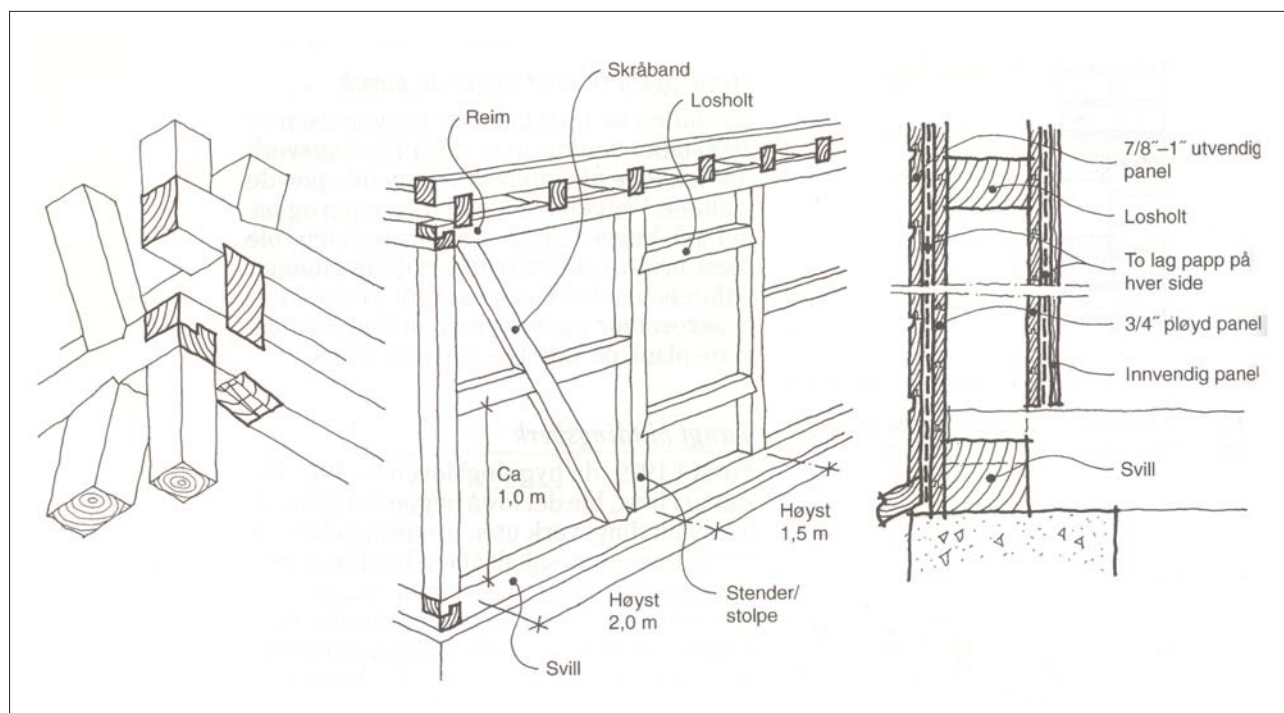
Med bindingsverk menes generelt en veggkonstruksjon med rammeverk av sviller og likeverdige, bærende stolper. Fra gammelt av var slike konstruksjoner brukt i uthusbygninger, sjøhus, svalganger og andre bygninger og rom som ikke var beregnet for opphold, og der det dermed ikke var behov for oppvarming.

Av brannhensyn var det fra gammelt av ikke tillatt å oppføre våningshus med åpent bindingsverk i byene. For bolighus i bystrøk var det derfor vanlig med utmurt bindingsverk, som var i bruk i Norge til tidlig på 1800-tallet. Til utmuringen ble det brukt tegl i kalkmørtel. Husene var pusset, evt. panelt og malt utvendig for å se ut som murhus. Bærekonstruksjonen bestod av kraftige sviller og stolper, med skråavstivning i hjørnene.

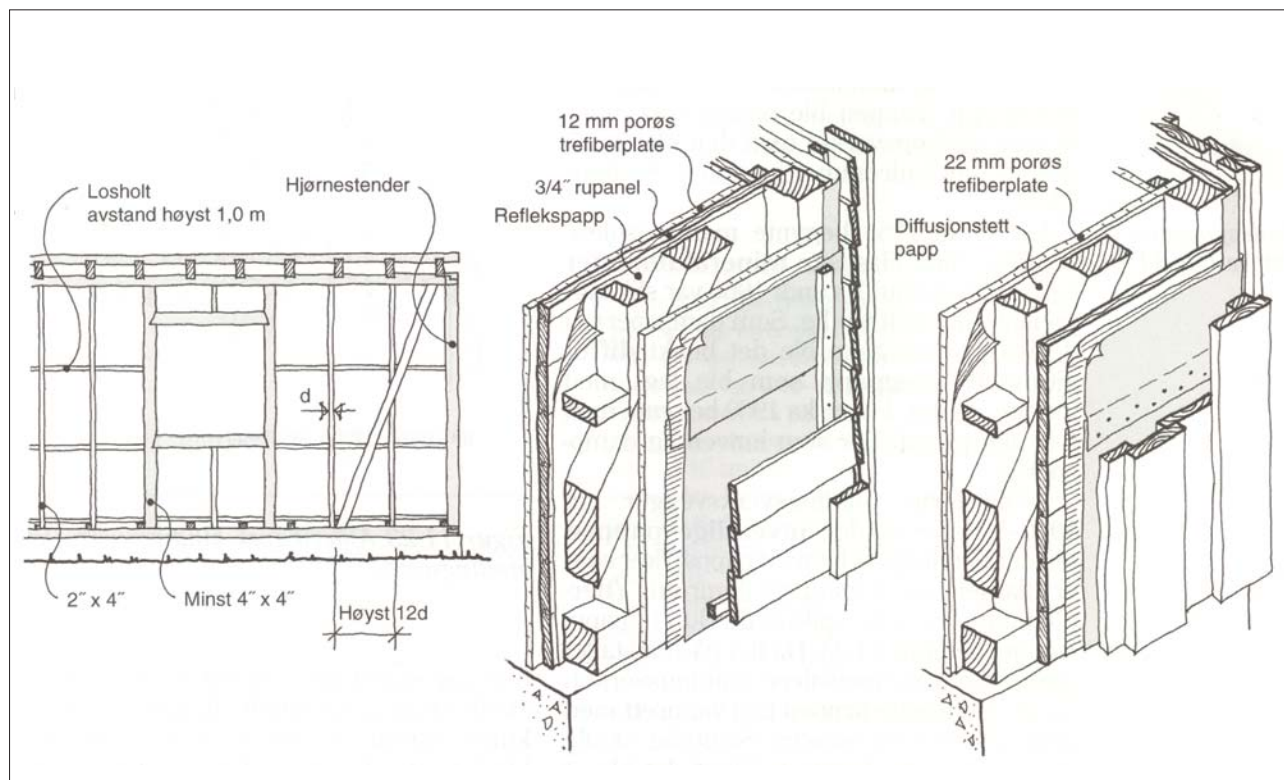
Fra omkring 1900 ble det arbeidet mye med å utvikle bindingsverket som byggesystem. Spesielt i USA ble det utviklet flere typer bindingsverk som var mer materialbesparende enn reisverk. I stedet for få stolper i store dimensjoner ble det brukt stendere med mindre dimensjoner, men plassert tettere (balloon-frame construction).



Utmurt bindingsverk(over) og tungt bindingsverk (under).
(Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre.



Trebygninger



Oppriss og aksonometri av lett bindingsverk. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre.)

Til å begynne med bestod varmeisolasjonen oftest av flere lag papp og panel på begge sider av vegg. Men det ble også eksperimentert med en rekke forskjellige fyllmasser for hulrommene i bindingsverket: kutterspon, sagmugg, tangmatter, bordkledning, trekubber osv. Også i Norge ble det eksperimentert med isolasjonsmaterialer, blant annet i en rekke forsøkshus oppsatt i 1920-årene ved Norges Tekniske Høgskole, der ulike veggkonstruksjoner og isolasjonsmaterialer ble undersøkt og målt med hensyn til varmegjennomgang. Disse forsøkshusene og andre erfaringer ledet fram til nye byggeforskrifter, som kom i 1928. Først da ble det tillatt med bindingsverk uten utmuring. Men behovet for isolasjon i hulrommene var selvfølgelig fortsatt til stede.

De tidlige isolasjonsmaterialene (f.eks. sagmugg og kutterflis) hadde ofte den ulempen at de med tiden sank sammen, slik at isolasjonsevnen ble redusert. I 1930-årene ble det for første gang importert mineralullisolasjon fra USA, og norsk produksjon av glassvatt startet i 1935. Til å begynne med fikk ikke materialet så stor utbredelse. På samme tid kom nye papptyper, blant annet "reflekspapp" med aluminiumsbelegg på en side som til en viss grad reflekterte varmen og reduserte varmetapet. Ikke før under gjenreisningen etter 2. verdenskrig fikk

mineralull sin overlegne rolle som isolasjonsmateriale, først og fremst etter 1955 da materialrasjoneringen ble opphevet.

Det moderne bindingsverket består vanligvis av 150 mm stenderverk med senteravstand 60 cm. Hulrommet fylles vanligvis med mineralull (glassvatt eller steinull). Etter at moderne isolasjonsmaterialer ble tatt i bruk fra midten av 1950-årene, er bindingsverksveggen blitt nærmest enerådende som veggkonstruksjon i tre i norske boliger.



Hus bygget i utmurt bindingsverk. Bakklandet, Trondheim. (Foto: K. Hermstad)

Murbygninger

I Norge har ikke murverk så lange tradisjoner som byggemateriale i boliger. Murbygninger var ikke ansett som så fordelaktige for varig opphold i vårt kalde, fuktige klima som trehus. Trematerialene var også billigere, lett tilgjengelige og lette å bearbeide. Men murbygningene hadde tidlig høyere status enn trebygninger. Festningsanlegg, kirker og enkelte private boliganlegg fra middelalderen og framover ble oppført i natursteinmur. Men det er først med industriell teglproduksjon at murbygninger ble vanlig for boligformål. Dette skjedde først omkring midten av 1800-tallet. Fra slutten av 1800-tallet ble betong tatt i bruk som byggemateriale og fikk i løpet av 1900-tallet en sentral rolle i boligbyggingen.

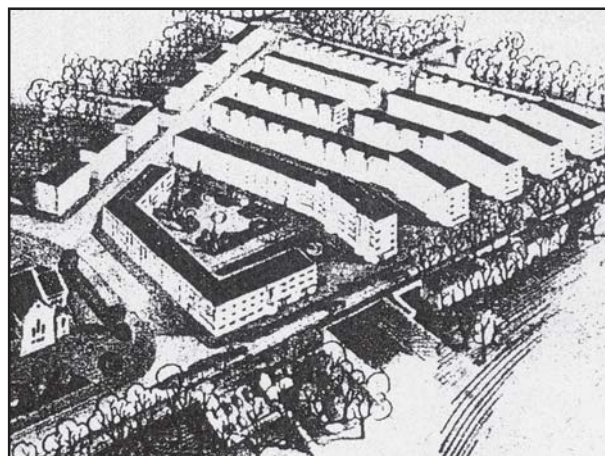
Teglbygninger

Tegl har vært produsert i Norge siden 1200-tallet, men først fra midten av 1700-tallet er det tale om norsk produksjon av betydning. Teglstein som bygningsmateriale var lite utbredt i Norge før midten av 1800-tallet. Murte bygninger var kostbare, blant annet fordi man måtte benytte seg av murere fra Danmark og Tyskland. Derfor er også innflytelsen fra disse landene tydelig i vår norske teglbebyggelse. Når murbygninger etter hvert ble påbudt i byene var det hensyn til brannsikkerhet som framtvang bruk av murmaterialer - i praksis tegl. Store deler av vår eldre murgårdsbebyggelse ble oppført under den store byekspansjonen i siste del av 1800-tallet. Bolighus i tegl er i all hovedsak et byfenomen i Norge.

Før 1860 var teglbygninger vanligvis i en eller to etasjer, til å begynne med ofte med et bæresystem i tre med teglforblending. Fra 1860-tallet startet den store boligbyggingen i de største byene for fullt, med topper i Oslo i 1870- og 1890-årene. Den typiske murgården fra denne perioden er i 3, 4 og opptil 5 etasjer. For å gi veggen styrke og stabilitet ble teglsteinen murt i ulike typer forband. Teglveggen ble til å begynne med murt kompakt, men av hensyn til bl.a. varmeisolasjon og fuktvandring, ble det særlig etter 1900 vanlig å bygge vegger i ulike former for hulmur. Fasadene ble vanligvis pusset utvendig med kalkpuss og ble bearbeidet arkitektonisk med ornamenter og trukne bånd mot gaten.



Murvilla fra 1884 i Homansbyen, Oslo. Teglstensveggen er pusset og malt og har nydelig dekor. Dette gjør det vanskelig å etterisolere husets utside.



Prospekt av Sverre Pedersen for utbyggingen av Voldsminde-området på 1930-tallet. De store offentlige boligprosjektene var ofte bygget i mur og etterhvert betong. Slik kunne man bygge tett og høyt uten å risikere store brannkatastrofer.

DEL 1: NORSKE VERNEVERDIGE HUS

Murbygninger

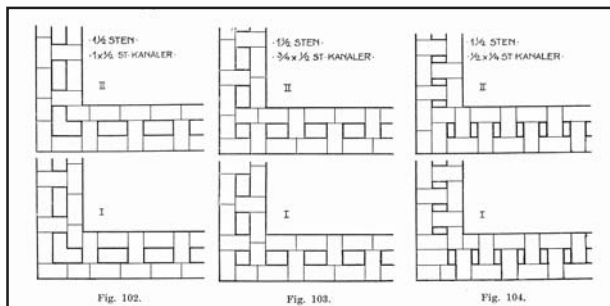
Teglstein kan ha ulike typer brenning og dermed ulik kvalitet med hensyn til blant annet frostbestandighet. Mot slutten av 1800-tallet ble det oppført en del gårder hvor teglfasaden ikke ble pusset. Da er det brukt hardbrent fasadetegl. Den vanlige murgård har imidlertid teglstein som er brent under forholdsvis lav temperatur og er mer porøs og utsatt for frostskafer. Pussens funksjon, utover å gjøre bygningen vakker, er å beskytte den porøse teglsteinen. Kalkpussen er og skal være diffusjonsåpen, vann som uunngåelig trenger inn i veggen skal også lett tørke ut igjen.



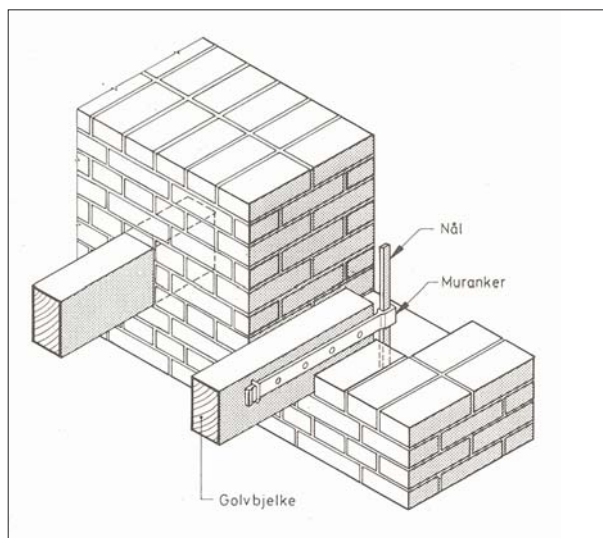
Gammel murgård under rehabilitering. Skader i pussjiktet er skåret bort. (Foto: W.Knudsen)

Innvendig var murgårdene vanligvis innredet med panel på utlekting, i de fineste rommene trukket med strie og tapet eller malt papp. Det var ingen form for isolasjon.

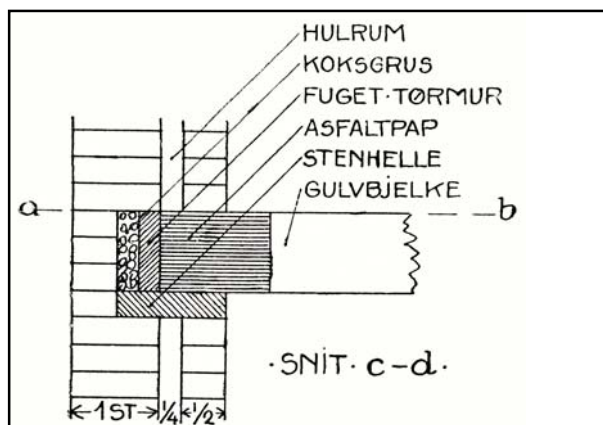
Omtrent alle murgårder bygget i perioden 1860-1920 har trebjelkelag. Bjelkelaget kan være lagt opp på utkragering eller i utsparinger i murverket. Det var viktig å unngå å legge bjelkeendene i direkte berøring med mørtel på grunn av risiko for hussoppangrep dersom konstruksjonen ble utsatt for fuktighet. Fremdeles er bjelkeender i møtet med veggen et kritisk punkt med hensyn til utvikling av hussoppkader, som blant annet kan forårsakes av etterisolering.



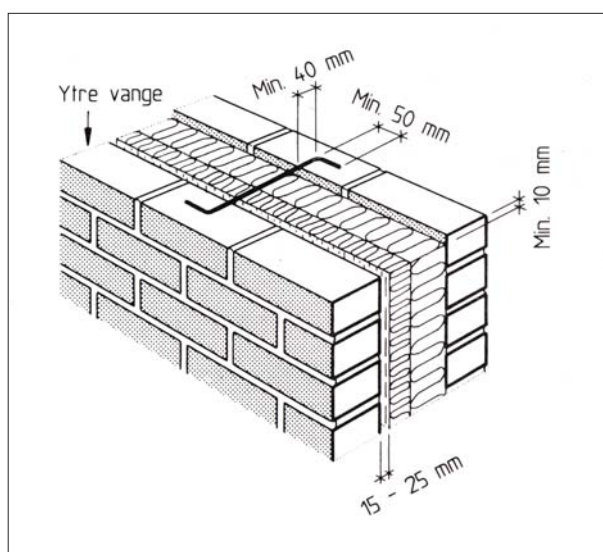
Detaljsnitt; gjennom forskjellige typer hulmur. (A. Bugge: Husbygningsslære, 1918)



Forankring av bjelkelag til fasadevegg i massiv mur. (Byggforsk: Rehabilitering av gamle bygårder)



Detaljer; snitt gjennom teglverksvegg med opplegg for trebjelke. (A. Bugge: Husbygningsslære, 1918)



Skallmurt vegg. (Murkatalogen)

Murbygninger

Betongbygninger

Betong slik vi kjenner den i dag ble først brukt i 1860-årene, men den var på den tiden ikke armert og fikk liten anvendelse i Norge. I 1890-årene ble det lansert armert betong og anvendt byggeteknikk som ligger nær opptil dagens konstruksjonspraksis. Bruk av betong i vegger gjorde det nødvendig med spesiell varmeisolasjon. De eldste betongveggene var ikke isolerte. Etterhvert kom ulike materialer for innvendig isolering i bruk. Plater av ekspandert kork og av treullsement var vanlig brukte isolasjonsmaterialer. Både kork- og treullsementplatene ble faststøpt og pusset innvendig.

Senere kom lettbetong som isolasjonsmateriale, og ble alminnelig fra slutten av 1950-tallet: Først gassbetong, senere lettklinkerblokk (Leca). Med disse materialene ble det etter hvert også vanlig med isolerte treullsementplater. Disse ble faststøpt og pusset innvendig.

I mellomkrigstiden ble det produsert en rekke typer betonghulstein (sementstein) med forskjellig geometrisk utforming. Felles for disse var at de hadde hulrom eller kanaler som skulle bedre veggens varmeisolerende evne. Det ble også brukt en massiv betongstein, såkalt Nopsa-stein, i teglformat, brukt i skallmurte og hulmurte vegger på samme måte som tegl. For å bedre isolasjonsevnen kunne hulrommet mellom vangene fylles med et isolasjonsmateriale, f.eks. torv eller koksgus.



Studentersamfundet er et av de første rene betongbygg i Trondheim. Materialet muliggjorde den spesielle planløsningen, og bygget sies å ha over seksti forskjellige nivåer. (Foto: K. Hermstad)



Moderne lettklinkerblokker. (Foto: Murkatalogen)

Betongmaterialet var til å begynne med basert på kalk som bindemiddel. Fra omkring 1920 ble kalken gradvis erstattet med sement som er et mye sterkere og stivere produkt. Det medførte også at veggene ble tettere og mindre diffusjonsåpen.



Voldsminde i Trondheim er et av de første eksemplene på sosial boligbygging med betong. 295 leiligheter er organisert i lavblokker med bærekonstruksjon og dekker i betong. (Foto: W. Knudsen)

Murbygninger

Bebyggelse fra mellom- og etterkrigstiden er vanligvis utført i funksjonalistisk formspråk, pusset utvendig, med knapp detaljering, og lite eller ingen dekor. Mye av den er preget av etterkrigstidens trange økonomi og materialknapphet, og mange har hatt vanskelig for å se noe verneverdig med denne ofte ganske hverdagslige bebyggelsen. Derfor har det også rehabilitering blitt utført etter ganske hardhendte metoder, blant annet med utvendig etterisolering med teglforblending som har endret karakteren på bebyggelsen fullstendig. I dag verdsettes også etterkrigsbebyggelsens arkitektoniske kvaliteter som viktige å ta hensyn til.

Det ble også oppført en del villabebyggelse i betongkonstruksjoner i mellom- og etterkrigstiden som ansees som noe av det beste av norsk funksjonalistisk arkitektur. Denne byggestilen er karakterisert av glatte flater og knapp detaljering som er svært sårbar for endringer med hensyn til å beholde sitt arkitektoniske uttrykk.



Villa Stenersen av Arne Korsmo var ferdig i 1939 og er et eksempel på sårbar funksjonalistisk arkitektur. (Foto: Stenersenmuseet)



I de presise detaljene kommer husets eleganse frem. Den fine balansen mellom solid betong og minimalistisk detaljerte vinduer, rekkverk, dørhåndtak etc gjør det tunge stenhuset nesten vektløst. (Foto: Stenersenmuseet)

DEL 2:

REDUKSJON AV
ENERGIBRUK

Energioptimalisering og vern av kulturminneverdier i bygninger, er hver for seg viktige miljøpolitiske mål. Av og til kan det synes som om disse ideelle miljømålene står i motsetning til hverandre. Men med god planlegging som tar det gamle huset på alvor, kan også gamle, verneverdige hus gjøres både tettere og varmere uten å forringe sin karakter.



Mormors stuer, Trondheim.

Innledende vurderinger

I dette kapitlet veies ulike energisparetiltak opp mot komfort, økonomi og verneverdi. Energiøkonomiserende tiltak på bygninger vil i større og mindre grad få konsekvenser for bygningen, visuelt og teknisk.

Grunnlaget for valg av tiltak må være en behovsanalyse som sier noe om omfanget tiltaket bør ha. En slik analyse er beskrevet på de neste sidene. I tillegg må tiltakene vurderes i forhold til bygningstype, materialer og konstruksjoner, planløsning, økonomi og husets verneverdi.

Man må være klar over at det ikke fins noen fasit på den beste løsningen. Hvert hus har sin egenart både teknisk, arkitektonisk og bruksmessig, og må derfor vurderes individuelt. Denne veilederen gir derfor heller ingen fasitsvar på hva som bør velges, men gir råd om hva som bør tas hensyn til, hvordan man kan vurdere ulike tiltak, samt eksempler på konsekvenser for ulike tiltak.

Vernehensyn kan sette begrensninger for bygningsmessige tiltak. For å redusere behovet for kjøpt energi ut over det man kan oppnå med fysiske tiltak på bygningen kan det være aktuelt å supplere kjøpt energi med fornybar energi som produseres på eller nær bygningen. Dette kan redusere behovet for bygningsmessige enøktiltak. På den andre siden vil også systemer for fornybar energi medføre inngrep og kanskje visuelle/arkitektoniske konsekvenser for bygningen. Valg av tiltak må derfor alltid vurderes i et arkitektonisk helhetsperspektiv.

Tiltakene som presenteres i det følgende er delt i:

1. bygningsmessige tiltak - fysiske tiltak på selve bygningskroppen for å redusere varmetap -
2. installasjonsmessige tiltak - oppgradering av varmeanlegg og omlegging til mer fornybare energikilder.

Hvert tiltak drøftes i forhold til energisparepotensiale, kostnader og konsekvenser for bygningens verneverdi.

Denne boligen i Jonsvannsveien i Trondheim er et eksempel på 1920-tallets nyklassisistiske villaarkitektur. Bygningen er meget verneverdig og bør i utgangspunktet ikke endres. Som energisparetiltak er det gjennomført reparasjon av vinduer, temperaturstyring, samt etterisolering av gulv og tak. (Foto: E. Grytli)



Innledende vurderinger

Følgende generelle sjekklister gir en oversikt over hva som bør undersøkes når man står ovenfor en rehabilitering:

1. Analyse av eksisterende situasjon

- Sjekk strømregningen for foregående år, korrigert i forhold til klima og bruksmessige forhold, sammenlign med normtall. Graddagskorrigering av målt energibruk kan gjøres etter metodikken i "Enøk Normtall" (<http://www.ensi.no/no/software/normtall.html>), eller direkte etter retningslinjene definert av Det Norske Meteorologiske Institutt.
- Vurder teknisk tilstand. Er noen konstruksjoner eller installasjoner i så dårlig stand at de i alle tilfelle må skiftes ut? Hvordan er mulighetene for reparasjon, utbedring og oppgradering?
- Gjør en helhetsvurdering av husets verneverdi. Kanskje er deler av huset svært sårbare for endring, mens andre deler f.eks. allerede er ombygget og tåler større inngrep?
- Ta på forhånd kontakt med kommunale myndigheter for byggesaker, evt. kulturminnefaglig instans i kommunen. Disse kan ofte gi gode råd gratis og redegjøre for om bygningen er omfattet av særlige vernebestemmelser.
- Vurder komfortmessige forhold. Kald trekk gjennom ytterkonstruksjonen tyder f.eks. på utettheter og/eller dårlig varmeisolasjon. Foreta enkle vurderinger av overflatetemperaturer ved måling eller ved å legge hånden på overflaten. Mer nøyaktige målinger kan også gjøres, for eksempel ved termografering.
- Undersøk mengde og type varmeisolasjon. Hvis ikke tegninger finnes, kan man få et anslag ut i fra byggeår, eller ved å foreta enkle målinger og undersøkelser.
- Undersøk tilstand for varmedistribusjonssystem. Vurder effektivitet på eventuell kjel, varmeelementer, rørisolasjon, styring. Blir det f.eks. ofte for varmt, kan det være mye å spare på mer effektiv styring.
- Hvilken energikilde brukes? Gir denne miljøskadelige utslipp?

- Bruk et beregningsprogram for å få oversikt over varmetap og energibruk for bygningen (varmetap ved transmisjon, infiltrasjon etc). Dataprogrammet "Energi i bygninger" er velegnet til dette, se www.programbyggerne.no. Tilpass beregningsmodellen til klimakorrigerede forbrukstall.

2. Vurdering av ulike enøk-tiltak

Vurderingen må ta hensyn til energisparing og miljø, komfort, kostnader, bygningsmessige inngrep, estetikk og verneverdi.

Følgende generelle fremgangsmåte kan benyttes ved vurdering av energisparetiltak:

- Bruk tommelfingerreglene i denne veilederen som et første anslag på energisparing og kostnader.
- Beregn energisparing for de mest aktuelle tiltakene ved hjelp av beregningsmodellen opprettet i punkt 1.
- Innhent tilbud fra forskjellige leverandører. Be om å få dokumentasjon på pris, energisparing, vedlikeholdsbehov, brukervennlighet, og levetid/garantitid.
- Få gjerne hjelp av uavhengig konsulent til å vurdere effekten av ulike tiltak og kostnadene forbundet med dem. Vær oppmerksom på at effekten av to tiltak som er beregnet hver for seg, som regel ikke gir "dobbel effekt" når de virker sammen. Ved sammenligning av økonomi, benyttes nåverdimetoden, se Norsk Standard 3454 - "Livssyklus-kostnader for byggverk. Prinsipper og struktur". Rapportering kan følge "Mal for rapportering av enkle enøk-analyser" (NVE, 2000).
- Vurder estetiske og vernemessige konsekvenser for de ulike tiltakene. Se på både detaljene og helheten av huset.

Innledende vurderinger

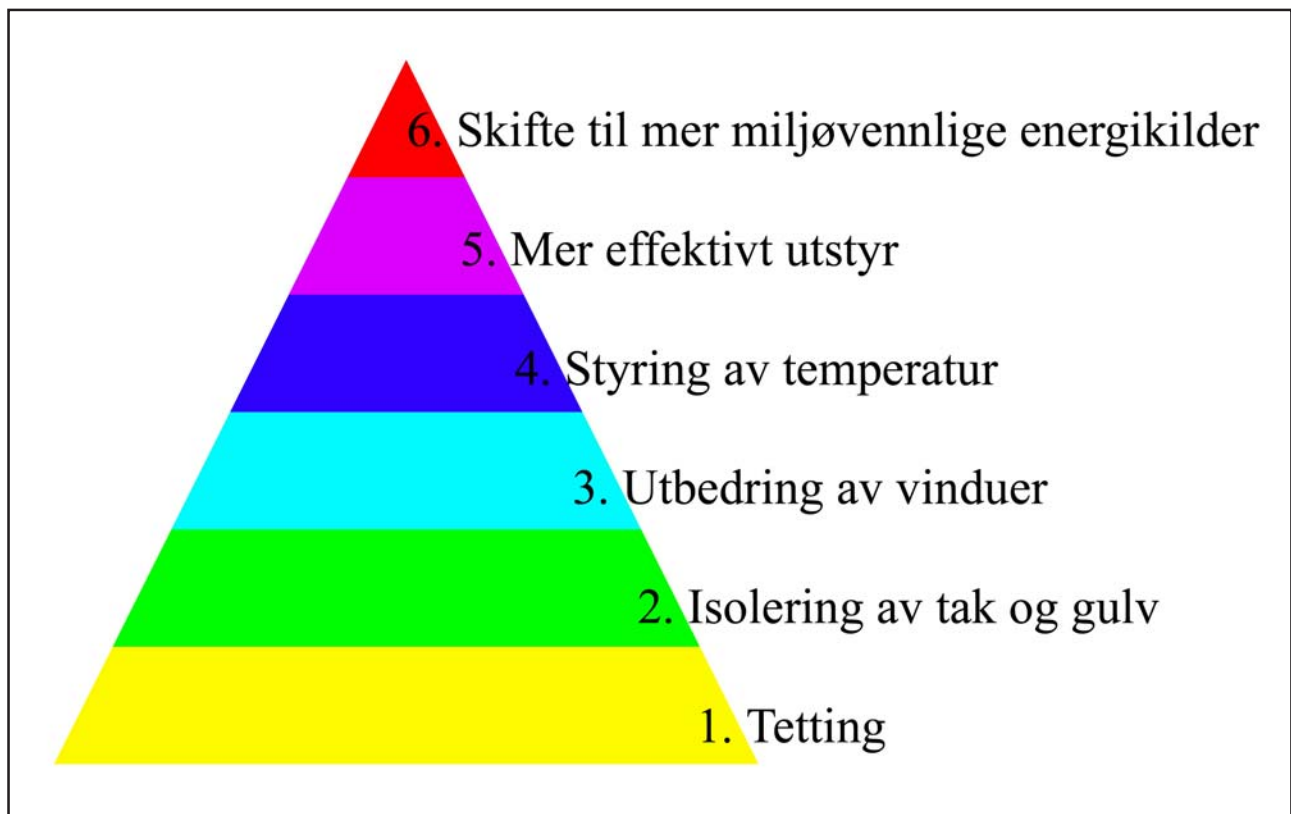
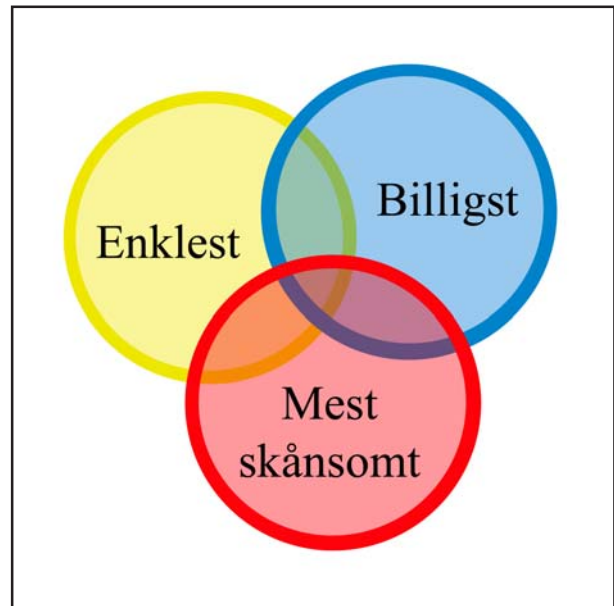
Rekkefølgen for gjennomføring av tiltak bestemmes hovedsakelig av tre forhold:

1. Hva som er enklest å gjennomføre (teknisk)
2. Hva som er mest skånsomt (for bygningen)
3. Hva som er billigst (mest energisparing for pengene).

Ofte henger disse tre forholdene sammen. I henhold til disse kriteriene får man følgende generelle rekkefølge for enøk-tiltak i verneverdige hus:

1. Tetting
2. Isolering av tak og gulv
3. Utbedring av vindu
4. Styring av temperatur
5. Mer effektivt utstyr
6. Skifte til mer miljøvennlige energikilder

De tre første tiltakene er rettet mot utbedring av selve bygningen, mens de tre siste er rettet mot tekniske installasjoner. Vi vil i det følgende først drøfte bygningsmessige energisparetiltak, og deretter se på mulige installasjonsmessige tiltak.



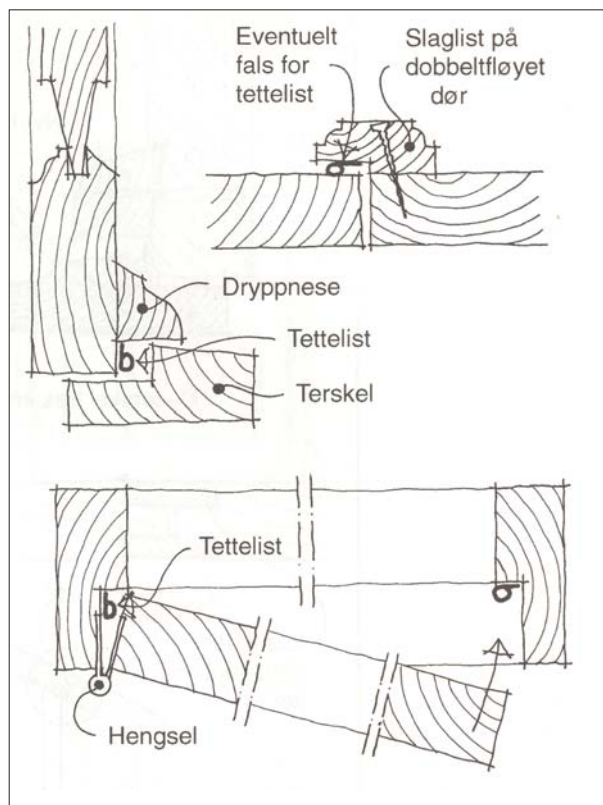
Tiltak på bygningskroppen: Tetting

En vesentlig del av varmetapet i eldre bygninger skyldes infiltrasjon, dvs. luftlekkasjer gjennom utettheter i bygningen. Når slike luftlekkasjer blir store og lufthastigheten høy oppleves dette som *trekk*. Foruten å føre til økt behov for energi til oppvarming er trekk en av de vanligste grunnene til klager på termisk komfort i bygninger.

Tiltak for å redusere trekk er i mange tilfeller mulig å gjennomføre uten at det fører til store inngrep og bygningsmessige endringer i bygningen, og er derfor ofte et både skånsomt og rimelig tiltak.

Trekk forveksles ofte med transmisjon, som er generelt varmetap gjennom tette flater. Det er derfor viktig å kartlegge hvor mye av varmetapet som skyldes lekkasjer og mulighetene for å løse dette før man eventuelt går til mer drastiske skritt.

En skal imidlertid være klar over at en bolig ikke bør være for tett. Gamle hus som "puster" er sunne, både for husene selv og for de som bruker dem. Blir huset for tett, kan inneklimate bli dårlig og behovet for mekanisk ventilasjon øker. Målet må først og fremst være å eliminere de luftlekkasjene som er så betydelige at de fører til merkbar og sjenerende trekk.



Etablering av tettelister for å redusere trekk rundt ytterdør. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)

Montering av tettelist er en enkel operasjon. (Foto: Enova)



Vanlige problemer

Litt avhengig av type konstruksjon vil problemer med trekk vanligvis være knyttet til spesielle deler av bygningen.

- For *vinduer* er de største problemene med trekk knyttet til utettheter mellom vegg og vinduskarm, og mellom karm og vindusrammer.
- For *yttredører* kan trekkproblemene skyldes utettheter mellom vegg og dørkarm, og mellom karm og dørblad.
- Trekk er også vanlig i overgangen mellom bjelkelag og vegg, og mellom grunnmur og vegg.
- Trekk gjennom selve *veggkonstruksjonen* er særlig et problem i vertikale trekonstruksjoner som reisverk, og ved mangelfull vindsperre.

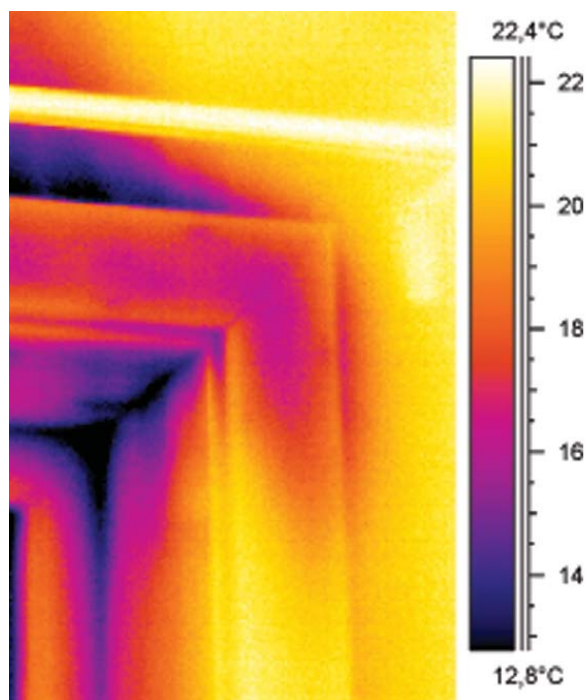
Tiltak på bygningskroppen: Tetting

En enkel kartlegging av kritiske luftlekkasjer kan utføres uten spesialutstyr, ved å føre et tent lys langs listene rundt vinduet og langs vegg- og taklister inne i rommet. Flammens bevegelser vil indikere eventuell trekk. Røykappuller kan brukes på samme måte.

Bygningers lufttetthet kan måles ved hjelp av trykkmåling, som gir et kvantitativt bilde på lufttettheten. Deler av eller hele bygningen "blåses opp" med en vifte, samtidig som man registrerer den luftmengden som kreves for å oppnå gitte trykkforskjeller. Tetthet for enkelte bygningsdeler kan også måles med denne metoden, f.eks. for et vindu. Metoden krever spesialutstyr og kjennskap til beregningsmetoder for måling av trykkforskjell og bør utføres av fagfolk.

Termografering kan også benyttes som metode for å kartlegge varmetap generelt. På termografier vil endring i overflatetemperatur framstå som endring i farge, og er svært illustrerende for å kartlegge trekk, som framkommer i bildene som karakteristiske "flammer".

Termografi av vindu viser temperaturvariasjoner i en vinduskonstruksjon (Foto: Nemko)



Termofotografering

Pris på termofotografering vil avhenge av boligens størrelse, antall rom, boligens tilstand og ikke minst omfang av ønsket dokumentasjon. Ved god isolasjon og lite trekk i huset vil jobben kunne utføres raskere enn om det er mange feil som må dokumenteres. Enkelte kunder nøyer seg med oversiktsbilder av veggflatene som viser trekk og manglende isolasjon, mens andre ønsker detaljerte bilder av feilene / avvikene.

Et oppdrag utføres som følger: Huseier får informasjon fra firmaet om forberedelser som må gjøres i forkant. Bl.a. skal møbler som står inntil vegger flyttes ut fra veggene kvelden før for å sikre jevn oppvarming av veggene. Alle ventiler skal lukkes og mekanisk avtrekk skal tettes.

Huset varmes opp slik at temperaturdifferansen på ute og innetemperatur blir 10°C eller større. Huset blir satt under undertrykk med medbragt vifte. Da vil kald luft trekkes inn gjennom utettheter i huset og kjøle ned overflaten. Denne nedkjølingen blir registrert med termograferingskameraet og kan dermed påvise hvor luftlekkasjene er. Kuldebroer vil også kunne avdekkes.

Ved manglende isolasjon, dårlig utført isolasjon eller der hvor isolering har seget vil de flatene som er dårlig isolert få en annen temperatur enn der hvor isolasjonen er god.

Det kan også være en fordel å ta noen termogram fra utsiden av huset da dette lett vil avsløre eventuelle kuldebroer i boligens konstruksjon.

Tegninger av huset nyttes for lettere å kunne dokumentere for eieren hvor feilene / avvikene er lokalisert.

Prisen på slike oppdrag vil variere mellom kr. 3.500- til 6500- eks.mva. (2004)

(Informasjonen er gitt av Nemko, Trondheim)

DEL 2: REDUKSJON AV ENERGIBRUK

Tiltak på bygningskroppen: Tetting

Utbedring av trekk ved vinduer, dører og langs golv og tak kan i mange tilfeller gjøres enkelt ved å demontere listene og dytte med mineralull i fugen mellom veggkonstruksjon og karm. Listverket er ofte en viktig del av rommets interiørbehandling og bør så langt som mulig settes opp igjen. Gammelt listverk er ofte sprøtt og må behandles med forsiktighet.

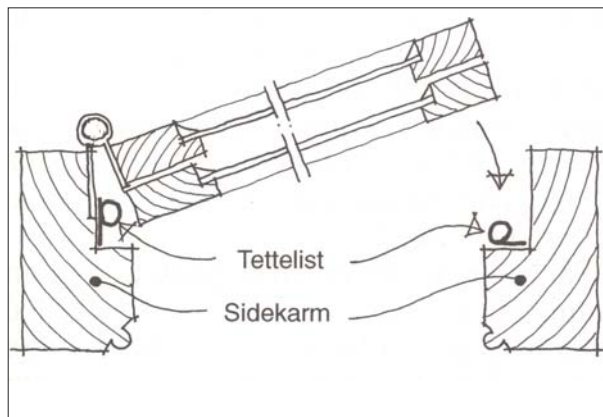
Utettheter mellom vinduskarm og rammer og i dører kan utbedres ved å sette inn tettelister av silikon med V- eller P-profil. De festes i anslaget i vinduet som vist på figuren til høyre. Dersom fugen mellom karm og ramme er for trang kan det være et alternativ å bruke filtlister som bygger mindre. I vinduer med innvendig varevindu skal tettelisten plasseres på det innerste anslaget på varevinduet. Dette er viktig for å unngå kondens på det ytterste glasset.

Kostnader og sparepotensiale

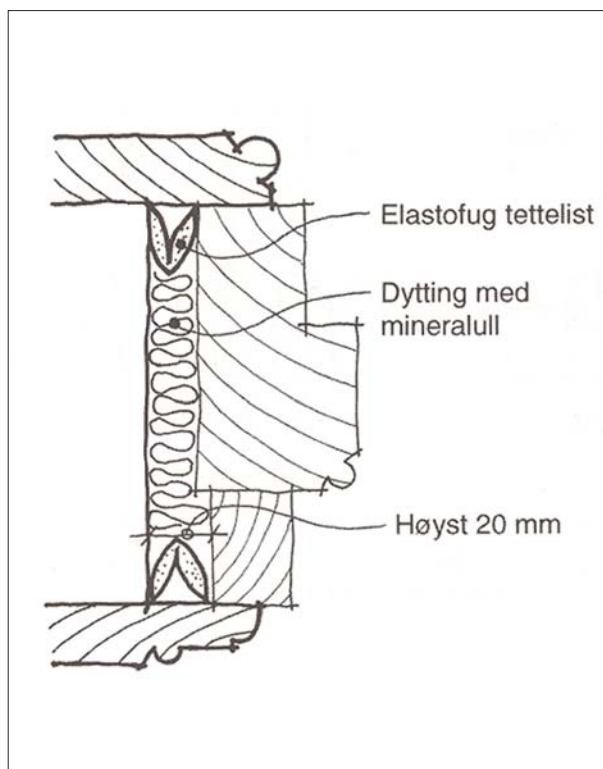
Tetting av luftlekkasjer er i mange tilfeller et enkelt og rimelig enøktiltak hvor kostnadene primært er knyttet til medgått arbeidstid. Arbeidet kan imidlertid ofte utføres som egeninnsats, f.eks. montering av tettelister.

Regneeksempel for lønnsomhet ved montering av tettelister:

Tettelister for et vindu koster ca 70 kroner (2003). Spart årlig energi kan typisk bli ca 100 kWh for ett vindu. Med en energipris på 60 øre vil besparelsen bli ca 60 kroner per år. Investeringen er altså tjent inn på litt over et år. Har man f.eks. 10 vinduer vil man kunne spare 600 kroner i året bare med å montere tettelister i vindusrammene.



Etablering av tettelister for å redusere trekk rundt vindu. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)



Tetting av vinduskonstruksjon. Utvendig og innvendig listverk er fjernet. Det er tettet med en tettelist av elastisk fugemasse og mineralull. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)

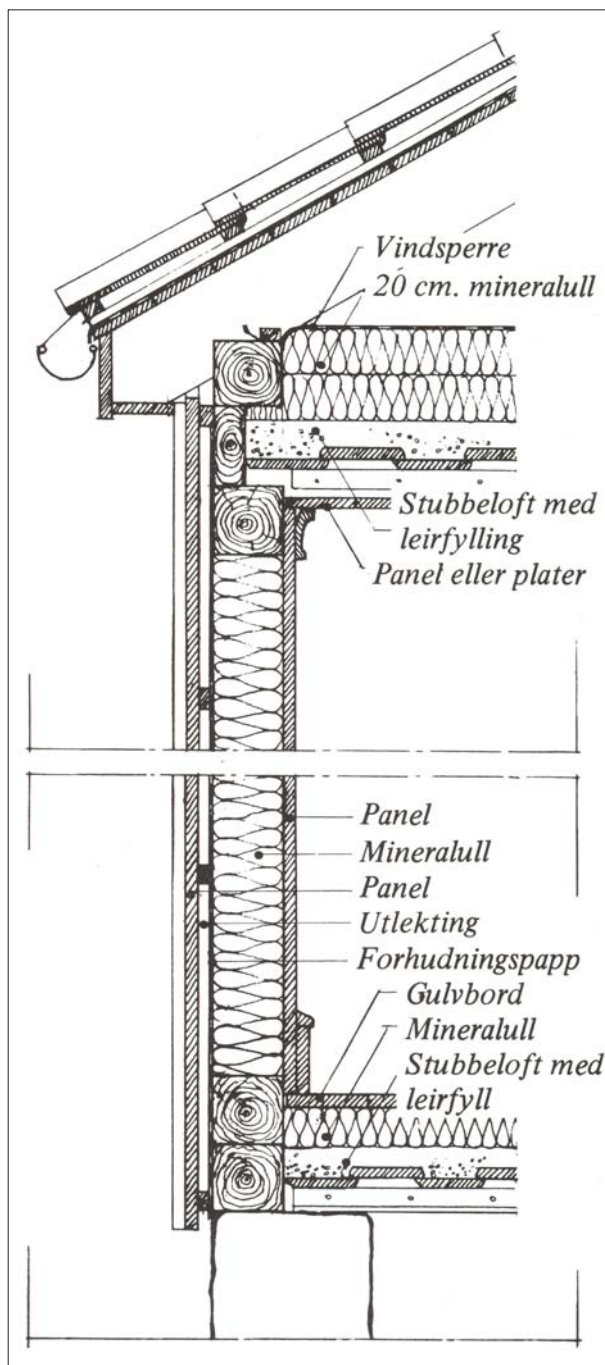
Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

Mange tenker at et gammelt, trekkfullt hus trenger en skikkelig "frakk" mot kulde og trekk, med andre ord, etterisolering av ytterveggene. Er huset verneverdig bør en vurdere alternativer som ikke i så stor grad påvirker huset visuelt. Energibruken kan i mange tilfeller reduseres vesentlig med forholdsvis enkle tiltak, som ikke medfører store inngrep og som også er rimelige.

Etterisolering er et nærliggende tiltak for å redusere energitapet i boliger. Bygninger oppført før andre verdenskrig er oftest oppført uten varmeisolasjon, og avhengig av konstruksjonstype kan transmisjonstapet gjennom veggflatene være betydelig. Varmetapet kan også være stort mot kald kjeller eller kryperom, og mot kaldt loft.

Etterisolering kan, om den utføres feil, ha flere uheldige konsekvenser. Tiltaket kan medføre store bygningsmessige inngrep som kan ødelegge verneverdige eksteriører eller interiører. Men i tillegg er det også bygningsfysisk risiko knyttet til etterisolering. Det finnes mange eksempler på at hus er påført stor skade på grunn av feil utført etterisolering. Mange eldre konstruksjoner er avhengige av varmetilførsel innenfra for å unngå byggskader. I alle yttervegger vil vann uunngåelig trenge inn i veggen av ulike årsaker: Slagregn, oppsugning av vann fra grunnen, lekkasjer på tak og nedløpsrør, lekkasjer på installasjoner i boligen. I eldre, uisolerte yttervegger vil det foregå en varmetransport innenfra til den ytre delen av veggen, som bidrar til å tørke ut fuktigheten. Når vi etterisolerer veggen reduseres denne varmestrømmen, det oppstår fare for kondens og oppsamling av fukt inne i konstruksjonen. Dette kan medføre ulike former for skadeutvikling, avhengig av materialtype.

Erfaringsmessig skjer et vesentlig varmetap fra eldre bygninger gjennom dekker/bjelkelag mot grunn/kjeller og loft. Etterisolering av bjelkelag mot kjeller og mot kaldt loft/tak kan i mange tilfeller gjøres skånsomt og lite synlig. Det anbefales å se på slike muligheter før man eventuelt vurderer etterisolering av yttervegger. Men også dette tiltaket kan medføre utvikling av byggskader dersom det utføres på feil måte.



Etterisolering av dekkekonstruksjon mot kjeller og mot loft. (Brønne, Drange, Aanensen: Gamle trehus)

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

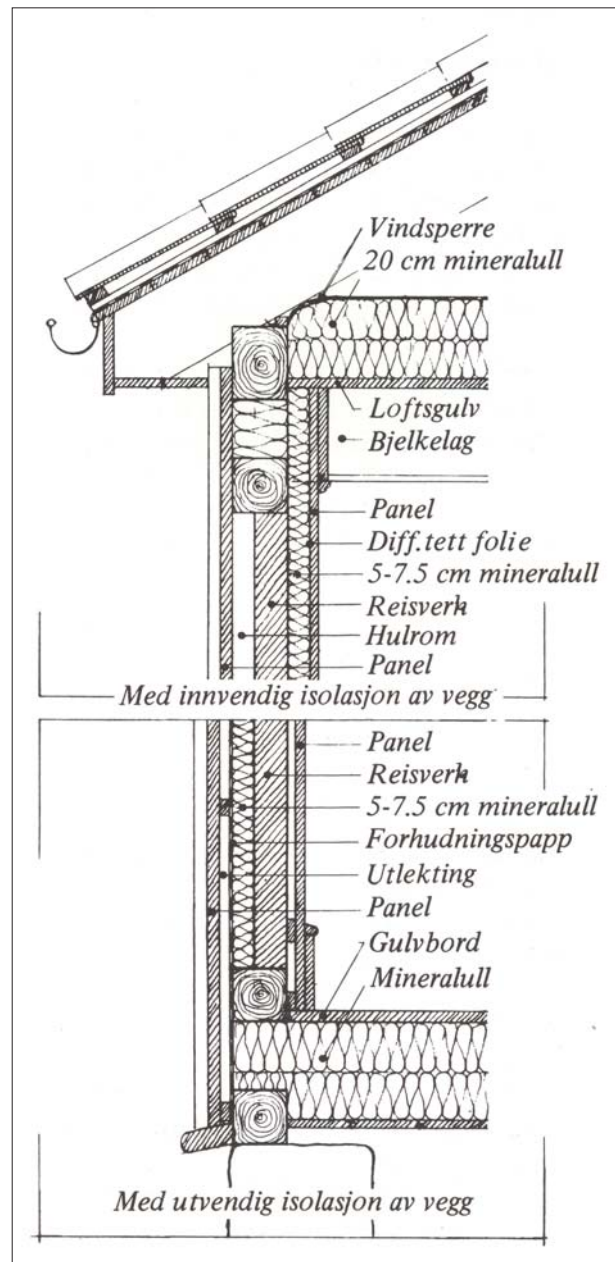
Etterisong av yttervegger av tre

Tre er et organisk materiale som brytes ned av ulike skadeorganismer når temperatur og fuktforhold er gunstige. En eldre trekonstruksjon som har stått i mange år under "naturlige" trekkfulle forhold, kan på få år utvikle store råteskader dersom den naturlige luftingen av konstruksjonen blir hindret gjennom feil utført tilleggsisolering og tetting.

Utvendig etterisolering velges ofte når husets ytre tilstand vurderes som så dårlig at man uansett må skifte kledning. Med utvendig etterisolering elimineres trekkproblemer f.eks. ved etasjeskillere ved at man får etablert sammenhengende vindspærre over hele veggflaten. Utvendig isolasjon er også det minst risikable med hensyn til utvikling av råteskader. Løsningen medfører imidlertid vanligvis at originale utvendige kledninger og bygningsdetaljer forsvinner, og blir i beste fall erstattet med kopier - eller med detaljer med et helt annet uttrykk. Dessuten endres og forringes fasadens proporsjoner i mange tilfeller: takutstikk reduseres, forholdet mellom vegg og grunnmur endres, vinduene blir liggende dypt i veggen, osv. Utvendig etterisolering kan derfor ikke anbefales for bevaringsverdige bygninger.

Innvendig etterisolering velges ofte nettopp for å skåne et velbevart eksteriør. Ved innvendig etterisolering kan man isolere rom for rom og begrense tiltaket til de rommene hvor behovet er størst, og man kan også skåne rom med særlig verdifulle interiører. Løsningen sikrer imidlertid ikke på samme måte som utvendig isolering mot trekk langs etasjeskillere og skillevegger, og bør eventuelt kombineres med tiltak mot dette.

Det mest betenkelige med innvendig etterisolering er at tiltaket medfører risiko for skadeutvikling dersom det gjøres på feil måte. Ved innvendig etterisolering av trevegger vil temperaturen i den opprinnelige veggen bli lavere enn før. Dette fører til en økning av den relative fuktigheten i trevirket fordi vanddamp kondenserer, og kan forårsake utvikling av råte inne i veggkonstruksjonen. For å unngå dette må det monteres dampspærre (plastfolie) på innsiden av veggen for å hindre varm, fuktig luft i å trenge inn i veggen. God tetting mot gulv og spesielt tak er viktig. Det må også sikres at konstruksjonen har tilstrekkelig lufting.



Ut- og innvendig etterisolering av reisverksvegg. Etterisolering av dekke mot loft, samt gulv mot kjeller. (Brænne, Drange, Aanensen: Gamle trehus)

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

Innblåst isolasjon

Innblåsing av finrevet mineralull eller cellulosefiber er en løsning som er blitt brukt for etterisolering av trekonstruksjoner med hulrom: bindingverks- og reisverksvegger. Metoden er skånsom med hensyn til bevaring av originale vegger, både innvendige og utvendige flater kan beholdes uendret. Det eneste synlige inngrepet er trespunser i panelet der mineralullen er blåst inn.

Med hensyn til bygningsfysiske forhold har metoden imidlertid en klar ulempe: man får ikke etablert dampsperre mellom inne- og uteluften. Dermed kan den fuktige, varme inneluften vandre fritt ut i veggkonstruksjonen. Når temperaturen i veggens ytterste sjikt synker, kan det danne seg kondens som fukter ned mineralullen. Dette kan forårsake råtesoppangrep.

I eldre hus med gamle råtesoppkader har det forekommet meget omfattende nye angrep etter innblåsing med mineralull i ytterveggene. Forsøk har vist at steinull er mer utsatt for dette enn glassvatt. Det kan også være vanskelig å kartlegge alle hulrom i vegg og sikre at innblåsingen blir effektiv for hele vegg. Om luftsjiktet bak utvendig kledning blir tettet av innblåsingen, blir det meget kritiske forhold.



Innblåsing av isolasjon i vegg. (Foto: Enøkssentrene)



Hvis man likevel må skifte innerkledningen, kan man samtidig inspisere vegg i forhold til råte og angrep av parasitter. (Foto: Husbyggeren Norge)



Med et lag isolasjon på plass er vegg klar til å få ny kledning. (Foto: Husbyggeren Norge)

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

Etterisolering av yttervegger av mur

Eldre boligbebyggelse i mur i Norge er i all hovedsak oppført i tegl eller betong/lettbetong. Bygningene finnes stort sett i bymiljø og er ofte store og med flere boenheter. De viktigste gruppene av eldre boligbebyggelse i mur i Norge er leiegårdsbebyggelsen i tegl fra siste del av 1800-tallet, mellomkrigstidens storgårdskvartaler og områder med funksjonalistisk stil, gjenreisningsbebyggelse i tegl/betong etter 2.verdenskrig i de krigsskadede byene, samt etterkrigstidens blokkbebyggelse i drabantbyene. I tillegg har vi blant annet boligbebyggelse fra mellomkrigstiden i pussede murkonstruksjoner i nyklassisistisk eller funksjonalistisk formspråk.

Avhengig av overflatebehandling er murmaterialet i større eller mindre grad porøst og i stand til å oppta fuktighet. Med kalk som basis i mørtel og maling er overflaten diffusjonsåpen; fukt vil kunne trenge inn i veggen, men vil raskt tørke ut igjen. Det er et grunnleggende krav for å unngå skader på murte og eventuelt pussete yttervegger at fuktighet som kommer inn i veggen kan tørkes ut igjen.



Avskallet puss på gammel teglsteinsmur. Etterisolering på innsiden av veggen kan gi frostskafer. (Foto: K. Hermstad)

Innvendig etterisolering

Murgårdsbebyggelsen fra 1800-tallet i storbyene i Norge har ofte rikt dekorerte gatefasader av høy arkitektonisk kvalitet og er ofte omfattet av verneverdigheter. Hele "Murbyen" i Oslo er registrert på Byantikvarens Gule Liste og reguleringsplanen pålegger utbyggere å beholde eksteriørene uendret. Ut fra et rent vernehensyn er derfor innvendig etterisolering det minst problematiske. Imidlertid er det bygningsfysiske grunner til å være forsiktig med å isolere murgårder innvendig. Med innvendig etterisolering mister yttervengen et naturlig varmetilskudd innenfra. Dermed senkes temperaturen i det ytterste sjiktet betydelig og fukt fra slagregn mv. tørker ikke ut så raskt som tidligere. Resultatet er nedfuktning av murverket, noe som øker faren for frostskafer og avskalling av stein og puss. Det kan også øke faren for råteskadeutvikling i golvbjelker som er innmurt i ytterveggen, i takfoten og andre steder hvor treverk er i kontakt med murverket. Spesielt er angrep av ekte hussopp en stor risiko. På denne bakgrunnen frarådes vanligvis innvendig etterisolering av murgårder.

Innvendig etterisolering av boligblokker i mur med etasjeskillere av betong har begrenset effektivitet fordi dette ikke løser problemet med kuldebroer forårsaket av etasjeskillere i betong. Innvendig etterisolering stiller store krav til dampetthet i indre veggsjikt for å unngå kondensskader i veggen.

Verneverdige interiører med originale gulv, veggkledninger og himlinger vanskeliggjør innvendig etterisolering. Bogstad gård, Oslo. (Foto: K.G.Noach)

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

Utvendig etterisolering

På samme måte som for trebygninger er utvendig isolering av murbygninger mindre risikabelt med hensyn til utvikling av byggskader, men har også de samme arkitektoniske og bevaringsmessige konsekvensene. På verneverdig murgårdsbebyggelse er utvendig etterisolering uforenlig med bevaring av rikt dekorerte fasader. Dette gjelder imidlertid ikke alltid hele bygget. Noen fasader kan være viktigere enn andre, spesielt for bygninger i sammenhengende rekke langs gateløp. Utvendig isolering kan være aktuelt f.eks. på blindgavler, og på fasader mot gårdssiden, som vanligvis er langt enklere utført enn gatefasadene. Det finnes etterisoleringssystemer med pusset overflate som vil kunne få et tilnærmet likt utseende som originalen. Ved bruk av slike systemer er det viktig å følge leverandørens anvisninger nøye.

Utvendig etterisolering er ofte blitt valgt for store rehabiliteringsprosjekter, f.eks. på etterkrigstidens store boligområder med blokkbebyggelse i drabantbyer. Denne bebyggelsen er gjerne oppført i pusset betong og/eller tegl, ofte i en enkel og nøktern arkitektur med lite dekor. Hittil har ikke denne bebyggelsen vært regnet som særlig verneverdig, og en har ikke sett det som noe poeng å bevare bygningens arkitektur. Løsninger som er valgt har i mange tilfeller endret bebyggelsens karakter fullstendig. Vernemyndighetene er nå mer restriktive med hensyn til å bevare det arkitektoniske uttrykket også for denne typen bebyggelse. Utvendige etterisoleringssystemer med pusset overflate vil i mange tilfeller kunne utføres på mye av denne bebyggelsen med godt resultat.



Bildene viser hvordan utvendig etterisolering av betonggård med teglsteinskledning kan endre bebyggelsens karakter. Rosenborg i Trondheim. (foto: W. Knudsen)



Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

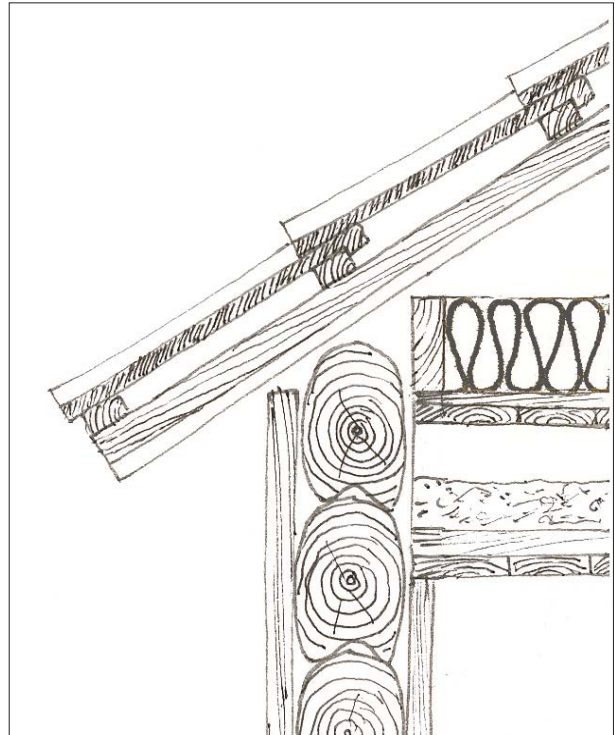
Etterisolering av etasjeskiller mot kaldt loft

I hus med kaldt loft kan isolasjon også legges/blåses inn mellom bjelkene over stubbeloftet, men dersom arealet ikke er i bruk er det enkleste å legge et nytt isolasjonslag oppå loftsbjelkelaget. Det vil være mest praktisk å legge ut isolasjonsmatter, men det kan også brukes løs mineralull som blåses opp dersom loftet er vanskelig tilgjengelig. Dampsperre er ikke nødvendig her, forutsatt at det kalde loftet er godt ventilert. Skal det kalde loftet brukes f.eks. til lagring, må det oppføres et nytt golv over isolasjonen. I slike tilfeller kan det være en bedre løsning å isolere mellom bjelkene.

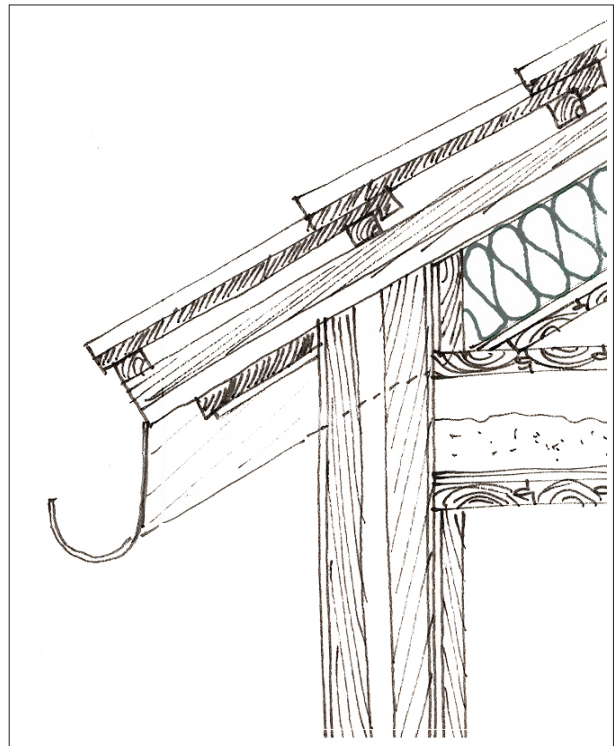
Etterisolering av takkonstruksjon over varmt loft

Mange loftsarealer som tidligere var kalde, innredes ofte i dag til bolig eller annet oppvarmet areal. Når loftsarealene skal være oppvarmet, må isolasjonen legges i selve takflatene. Ved å legge hele isolasjonssjiktet utvendig på den gamle taktroet kan takhøyden og bærekonstruksjonen beholdes, noe som kan være ønskelig ut fra planlagt bruk av loftsarealene. Denne løsningen er også den tryggeste med hensyn til å sikre god lufting av takkonstruksjonen. Den innebærer imidlertid at hele taket må legges om. Når isolasjonssjiktet kommer på utsiden øker dessuten tykkelsen på taket og detaljeringen ved raft og gavl og husets proporsjoner endres. Løsningen er mest aktuell dersom taket uansett må legges om.

Det mest vanlige er å benytte rommet mellom taksperrere eller åsene til isolering. Det er svært viktig å sørge for god lufting over isolasjonen. Den beste løsningen får man om arbeidet kan gjøres samtidig med at taket legges om, da kan luftingen legges over det gamle taktroet og hele hulrommet mellom sperrer/åser kan fylles med isolasjon. Dersom alt arbeidet gjøres fra innsiden må det settes av plass til lufting på undersiden av taktroet og sørges for ventilering av hulrommet. Dette arbeidet bør utføres av profesjonelle, da feil utførelse med for dårlig lufting lett kan føre til utvikling av råteskader. Dampsperre på innsiden av takflatene er nødvendig uansett løsning.



Etterisolering av etasjeskiller mot kaldt loft. (Illustrasjon: D. Oliveira)



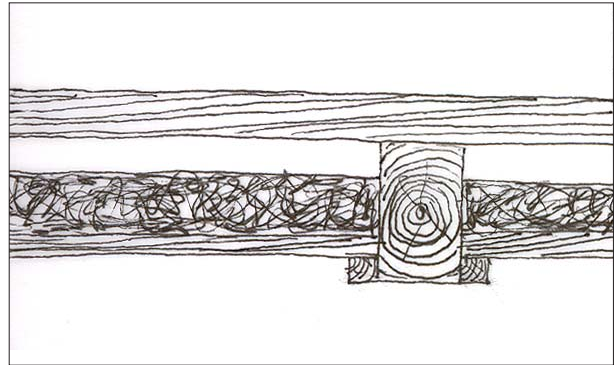
Ettersolering av varmt loft fra innsiden. (Illustrasjon: D. Oliveira)

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

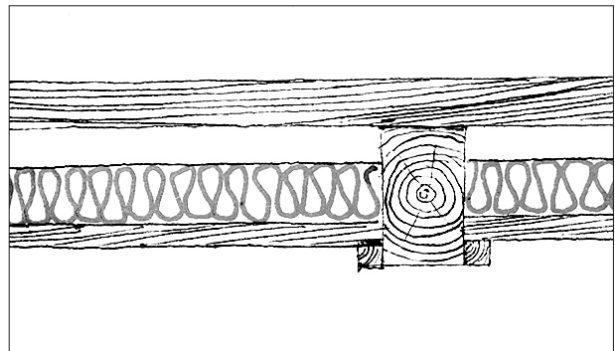
Etterisolering av golv mot uoppvarmet kjeller/kryperom

Dette er et tiltak som i mange tilfeller kan utføres skånsomt med hensyn til verneverdige interiører. Avhengig av type etasjeskiller kan isolasjonen plasseres i selve etasjeskilleren, eller under. Etterisolering på oversiden av etasjeskilleren vil ha store interiørmessige konsekvenser og kan ikke anbefales for verneverdige bygninger. Et tradisjonelt trebjelkelag i tegl- og trebygninger vil vanligvis ha et stubbeloft med et isolerende lag av f.eks. leire, sagflis eller koksgrus. Over stubbeloftsfyllet er det vanligvis et hulrom som kan etterfylles med isolasjonsmateriale. Dette kan enten legges inn som matter fra oversiden - ved å demontere golvbordene – eller blåses inn. Alternativt kan stubbeloftsfyllet fjernes og erstattes med mineralull. Viktigst er det å isolere langs randsonen mot ytterveggene. I tilfeller der det er lett å komme til er det mulig å etterisolere etasjeskilleren fra undersiden. Ulempen med dette er at det kan redusere takhøyden i kjellerrom som kanskje er lav fra før, dersom ny himling må legges på undersiden av bjelkene.

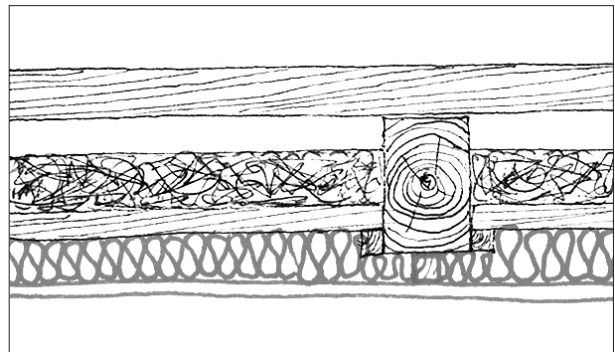
Selv om dette er et anbefalt tiltak skal en likevel være klar over at etterisolering av golv mot kalde rom kan føre til oppblomstring av sopp- og råteskader i rommene under. Etablering av god ventilasjon her er av avgjørende betydning.



Tverrsnitt bjelkelag med stubbeloft. (Illustrasjon: D. Oliveira)



Tverrsnitt bjelkelag med mineralull i hulrommet. (Illustrasjon: D. Oliveira)



Tverrsnitt bjelkelag isolert på undersiden. (Illustrasjon: D. Oliveira)

Oppblomstring av hussopp på loft eller i kjeller kan være et resultat dersom mikroklimatet i en bygning endres. Særlig er murgårder med trebjelkelag utsatt. (Foto: E. Grytli)

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

Kostnader og sparepotensiale (etterisolering)

Utvendig etterisolering er som regel det mest kostbare etterisoleringstiltaket for yttervegger fordi man må ha en ny ytterkledning, og fordi det kan være vanskelig detaljering rundt vinduer og dører. Innvendig etterisolering er også forholdsvis kostbart, her må man regne med kostnader til ny innvendig kledning samt detaljering rundt vinduer og dører. Innvendig etterisolering gir mindre energisparing enn utvendig etterisolering, fordi man ikke vil få eliminert kuldebroer. Innblåsning av isolasjon er som regel det mest lønnsomme etterisoleringstiltaket for yttervegger - dersom det er teknisk forsvarlig.

Etterisolering av golv og tak er som regel enklere og mindre kostbare tiltak enn isolering av yttervegger.

Energibesparelsen for etterisoleringen bør beregnes ved hjelp av et egnet dataprogram slik at man får med synergieffekten med andre enøk-tiltak samt effekten av soltilskudd og varmelagring. Men for å få en omtrentlig indikasjon på sparepotensialet, kan følgende forenklete formel benyttes:

Energibesparelse:

$$E_{\text{spar}} = \Delta U \times A \times 24 \times G \times 10^{-3} \text{ [kWh/år]}$$

hvor:

$$\Delta U = U_{\text{før}} - U_{\text{etter}} \text{ (varegjennomgangstall for før- og etter isolering) [W/(m}^2\text{K)]}$$

A = areal [m²] av yttervegg som skal etterisoleres

G = graddagstallet for stedet [K × døgn/år]

Ved utvendig tilleggisolering kan man regne en tilleggsbesparelse pga. isolering av kuldebroer etter følgende formel:

Tilleggsbesparelse:

$$E_{\text{tillegg}} = \Delta q_i \times L \times 24 \times G \times 10^{-3} \text{ [kWh/år]}$$

hvor:

Δq_i = reduksjon i tilleggsvarmetap pga kuldebro, se tabell under

L = lengde av kuldebro

G = graddagstallet for stedet [K × døgn/år]

Sammenligning av ulike løsninger for kuldebrytere og deres U-verdier

Opprinnelig kuldebro bestående av:	Δq_i [W/(mK)]
Ingen kuldebryter	0,7
Kuldebryter av tre (min 48 mm)	0,45
Kuldebryter av tre (48 mm) og polystyren (min 10 mm)	0,3
Kuldebryter av mineralull (min 25 mm)	0,2

Graddagstall kan f.eks. fås fra Det Norske Meteorologiske institutt eller www.norsk-vvs.no. For Oslo er f.eks. graddagstallet for et normalår 4000 [Grd/år].

Varmegjennomgangstallet kan beregnes ved hjelp av NS 3031 eller tas ut fra tabeller i byggdetaljblad (Byggforsk).

Kostnader bør vurderes spesielt i hvert enkelt tilfelle, men for å få et omtrentlig overslag kan man f.eks. bruke nøkkeltall fra Kalkulasjonsnøkkelen (HolteProsjekt).

Eksempel 1: Innvendig etterisolering av laftet vegg.

Boligen ligger i Oslo og har yttervegger av laftet tømmer (4") som er kledd på innsiden med papp og panel. Panelet er i dårlig stand og skal skiftes ut.

U-verdi før etterisolering: 0.86 W/(m²K)

U-verdi med innvendig isolering med 50 mm mineralull: 0.41 W/(m²K)

Kostnader (inkl arbeid og moms):

Riving av eksisterende panel:	45 kr/m ²
Mineralull A-plate (50 mm):	60 kr/m ²
Spikerslag (48x48):	105 kr/m ²
Diffusjonstett plast:	20 kr/m ²
Nytt panel (noe gjenbruk):	150 kr/m ²
Gulvlister (noe gjenbruk):	10 kr/m ²
Totalt:	390 kr/m²

Energibesparelse:

$$E_{\text{spar}} = (0.86 - 0.41) \times 24 \times 4000 \times 10^{-3} = 43 \text{ kWh/år pr. m}^2 \text{ veggflate}$$

Investering: 390 kr/m².

Årlig energibesparelse:

$$E_{\text{spar}} = 43 \text{ kWh/år/m}^2 \times 0,60 \text{ kr/kWh} = 26 \text{ kr/m}^2\text{/år}$$

Det vil si at investeringen vil være tilbakebetalt på 390/26 = ca. 15 år (ikke medregnet kapitalkostnader).

Tiltak på bygningskroppen: Etterisolering

Eksempel 2: Innblåsning av isolasjon i bindingsverksvegg.

Boligen ligger i Oslo og har yttervegger av uisolert bindingsverk med 10 cm hulrom.

U-verdi før etterisolering: $1.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-verdi med innblåsning av mineralull i hulrommet: $0.38 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Kostnader (inkl. arbeid og moms): ca. 120 kr/m² veggflate

Energibesparelse: $(1.4 - 0.38) \times 24 \times 4000 \times 10^{-3} = 98 \text{ kWh/år}$ pr. m² veggflate, som gir en årlig kostnadsbesparelse på 59 kr/m² med en energipris på 60 øre/kWh.

Investeringen er tilbakebetalt på ca. 2 år (ikke medregnet kapitalkostnader).

Eksempel 3: Innblåsning av isolasjon i reisverksvegg.

Boligen ligger i Oslo og har yttervegger av uisolert reisverk med 5 cm hulrom.

U-verdi før etterisolering: $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-verdi med innblåsning av mineralull i hulrommet: $0.53 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Kostnader (inkl. arbeid og moms): ca. 80 kr/m² veggflate

Energibesparelse: $(1.0 - 0.53) \times 24 \times 4000 \times 10^{-3} = 95 \text{ kWh/år}$ pr. m² veggflate, som gir en årlig kostnadsbesparelse på 27 kr/m², gitt en energipris på 60 øre/kWh.

Investeringen er tilbakebetalt på ca 3 år (ikke medregnet kapitalkostnader).

Eksempel 4: Utvendig etterisolering av betongvegg.

Boligen ligger i Oslo og har yttervegger av betong, innvendig isolert med 30 mm kork. Veggene etterisolereres med 80 mm mineralull og kles med 3-sjikt puss.

U-verdi før etterisolering: $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-verdi med utvendig isolering med 80 mm mineralull støpeplate: $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Kostnader (inkl. arbeid og moms): ca. 550 kr/m² veggflate

Energibesparelse: $(1.0 - 0.35) \times 24 \times 4000 \times 10^{-3} = 62 \text{ kWh/år}$ pr. m² veggflate

Tilleggsbesparelse pga. reduksjon av kuldebroer:

$0.7 \times 0.6 \times 24 \times 4000 \times 10^{-3} = 40 \text{ kWh/m}^2$

Investeringen er tilbakebetalt på ca. 5 år (ikke medregnet kapitalkostnader).

Eksempel 5: Etterisolering av loft.

Boligen, som ligger i Oslo, har kaldt loft med trebjelkelag. Bjelkelaget har 3-5 cm leirfyll på stubbeloft. Inkludert takkonstruksjonen, kan man da regne med en U-verdi på ca. $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Golvet etterisolereres fra oversiden ved at man fjerner leiren og legger ut matter med 10 cm tykkelse. U-verdien reduseres da til ca. $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kostnader: ca. 100 kr/m²

Energibesparelse: $(0.8 - 0.3) \times 24 \times 4000 \times 10^{-3} = 48 \text{ kWh/år}$ pr. m² golvflate, som gir en årlig kostnadsbesparelse på 30 kr/m², gitt en energipris på 60 øre/kWh.

Investeringen er tilbakebetalt på ca. 2 år (ikke medregnet kapitalkostnader).



Mineralull er et av de vanligste isolasjonsmaterialene i Norge. (Foto: Glava)

Tiltak på bygningskroppen: Vinduer

Vinduene er blant de viktigste arkitektoniske fasadeelementene på eldre bygninger. Vinduene er ofte nøye plassert og utformet for å inngå i fasadens komposisjon. Hver stilepoke har sine vindustyper med sine karaktertrekk: Formater, ruteinndeling, detaljering, og selvfølgelig listverk og annet dekorativt tilbehør inngår i en arkitektonisk helhet. Å bevare originalvinduene dersom disse fortsatt eksisterer vil derfor være et viktig mål ved utbedring av eldre bygninger.

Framstillingsmetodene for glass, basert på glassblåsing (kronglass og tafelglass), tillot til å begynne med ikke store formater. Begge metodene gav et tynt glass (2-3 mm) med karakteristiske småfeil/ujevnheter i glassflaten som gir et "spill" som skiller dem fra de industrielt framstilte glasstypene. Speilglass (støpt glass) var mulig å framstille fra omkring 1850, men var fremdeles dyrt og stort sett forbeholdt forretningsgårder o.l. Ikke før omkring 1920 ble det utviklet teknikker for maskinframstilt ("trukket") glass som gjorde framstillingen billigere. Fra da av ble mulig å øke størrelsen på rutene dramatisk, men stil og smak har likevel medført at små ruter fortsatt har vært i bruk helt opp til i dag.

Vinduene var til å begynne med enkle, med ruter montert i blyinnfatning og fra 1700-tallet i treframmer med kittfals. Det tynne glasset og de små formatene gav lav vekt, og rammer og sprosser kunne derfor ha en smekker utførelse. Vinduer er spesielt utsatt for fukt- og temperaturpåkjenninger, og trevirket var spesielt sortert for å tåle dette.

Trevirket i eldre vinduer er som regel tettvekst kjerneved av furu. Virket ble spesielt utsortert med tanke på naturlig motstand mot råte, og mot vridning ved fuktendringer. Med industriell framstilling av vinduer er denne kvalitetssorteringen bortfalt. Derfor er vinduer av eldre dato ofte av vesentlig bedre kvalitet enn nyere vinduer.

Fra 1890-årene ble det vanlig å sette inn varerammer i vindusposten med et ekstra glass. Disse varevinduene ble vanligvis tatt ut om sommeren. Fra omkring 1900 begynte man også å produsere åpningsvinduer med koblede rammer. Disse vinduene produseres fortsatt. Fra og med 1960-årene har vinduer med forseglede ruter vært dominerende.

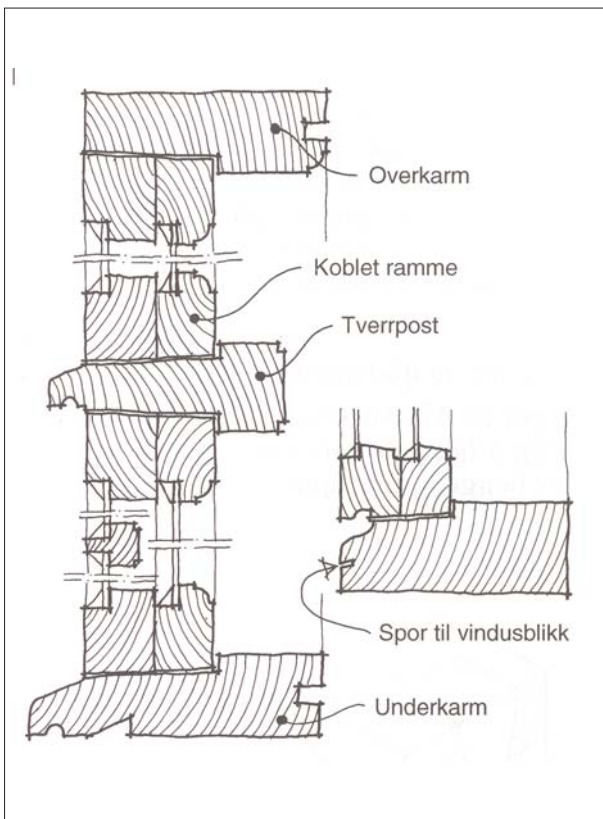


Det kan være problematisk å bruke lettvinde løsninger for å gi inntrykk av gamle vinduer. Det originale vinduet (over) fra ca 1910 har en helt annen stil enn det modifiserte husmorvinduet (under). Vinduet over har håndblåst glass med et spill av refleksjoner i overflaten og flott dimensjonerte spiler. Vinduene under ha ensformig dimensjonerte spiler som lager en tydelig skygge på glasset. Oppdeling av vinduet er også ny. (Foto: K. Hermstad (over) og E. Grytli (under))

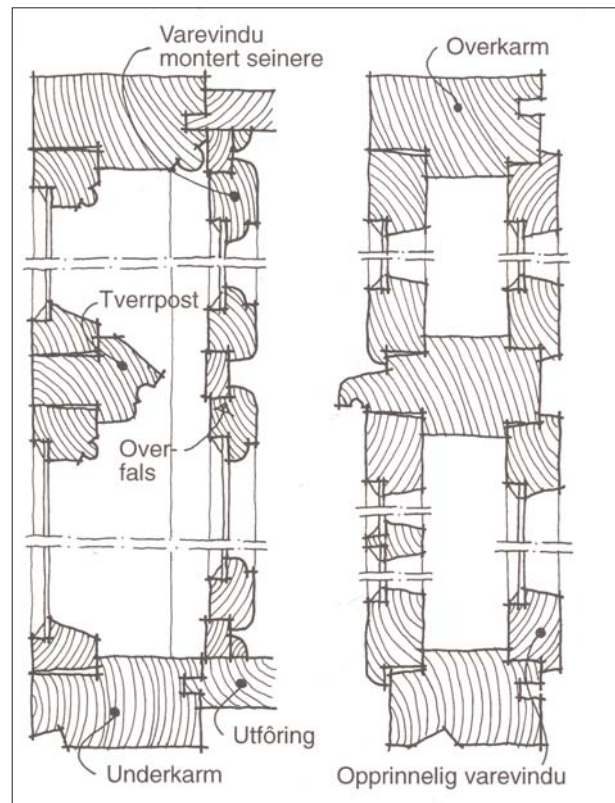


Tiltak på bygningskroppen: Vinduer

Inntil for få år siden var det vanlig å anbefale utskiftning av vinduene for å forbedre eldre bygninger. Husbanken hadde på 1970-tallet en låneordning ("Energisparelånet") som i stor utstrekning ble benyttet til å skifte vinduer. Resultatet ble blant annet at et stort antall gårdsbygninger fikk erstattet sine originale sprossevinduer med hele ruter. I ettertid er det stor enighet om at dette i utgangspunktet positive enøktiltaket fikk store negative konsekvenser for bygningers estetiske kvalitet. Også i dag har Husbanken en låneordning for enøktiltak som blant annet kan benyttes til å skifte vinduene, men Husbanken konsulterer i dag kulturminnemyndighetene der opplagte vernehensyn foreligger. Også hus som ikke har formelt vern bør behandles med bevissthet og respekt for den opprinnelige detaljeringen. I dag anbefaler ikke enøkrdagivere utskiftning av vinduer uten videre, dels fordi det er et dyrt enøktiltak isolert sett, dels fordi det har så store arkitektoniske konsekvenser.



Vindu med koblede rammer. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)



Vindu med varevindu. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)

Vinduers U-verdi har sammenheng med antall glass og avstanden mellom dem. Moderne vinduer er gjerne utført med tre lag glass, og ofte med isolerende gass i hulrommene mellom glassene. Slike vinduer blir tunge og krever kraftigere rammekonstruksjoner enn tradisjonelle vinduer. Selv om de er utført i samme format og med samme ruteinndeling vil slike vinduer vanligvis framstå som mer grove i detaljene enn tilsvarende eldre vinduer. Moderne vinduer er også ofte utført i andre materialer enn tre (plast, aluminium) som vil framstå som fremmedelementer i tradisjonelle hus.

Gamle, malingsslitte vinduer kan ved første øyekast virke som de er i teknisk dårlig forfatning. Men på grunn av den høye materialkvaliteten kan de fortsatt ha en lang levetid, selv om de allerede har overlevd 100 år. Levetiden til nye vinduer anslås av fabrikant til å være 20-30 år. Svært mange eldre hus har mistet sine originalvinduer. De som fortsatt er igjen er i mange tilfeller klenodier som det anbefales sterkt å ta vare på og utbedre.

Tiltak på bygningskroppen: Vinduer

Vanlige problemer

Kuldeopplevelse i forbindelse med vinduene er et vanlig problem i eldre bygninger, og derfor er utskiftning av vinduene nærliggende å tenke på som enøktiltak. Men kuldeproblemene fra vinduer kan være sammensatte, og det er først viktig å finne ut hva kuldeopplevelsen skyldes. Problemet kan kanskje løses uten å skifte vinduene.

Kulde fra vinduer har grovt sett to årsaker: Infiltrasjon (trekk fra utettheter) og kaldras. Kaldras oppstår når varm inneluft kommer i kontakt med en kald vindusflate eller andre kalde overflater. Ettersom kald luft er tyngre enn varm luft, vil den derfor synke ned mot golvet. Ny varm luft kommer til og blir i sin tur nedkjølt og synker ned. Dermed oppstår en kjølig luftstrøm langs golvet som oppleves som trekk. Denne blir sterkere jo høyere differansen er mellom innetemperaturen og glassflaten.

Kartlegging av tilstand

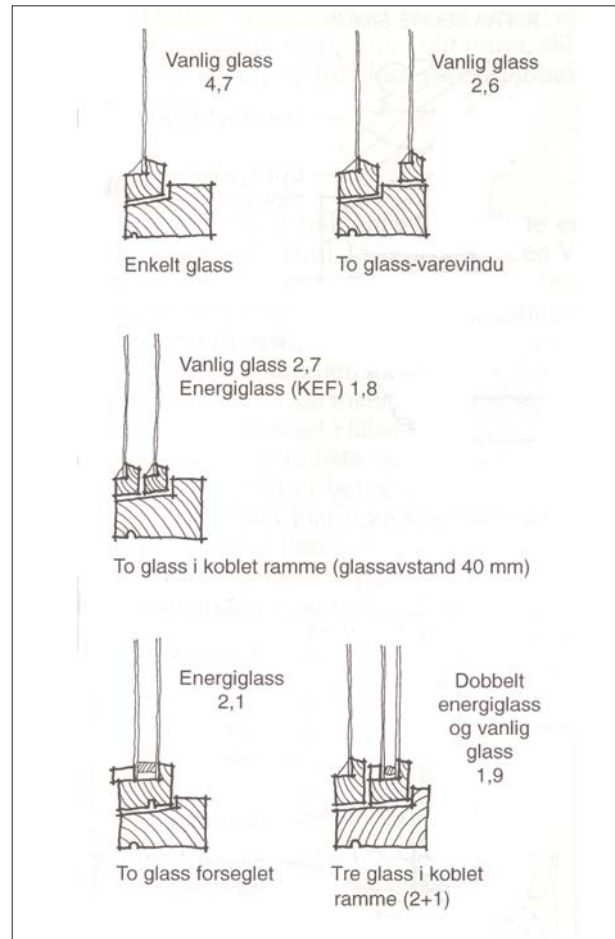
Termografering er som tidligere nevnt (side 33) en egnet metode for å kartlegge varmetap generelt. Et termogram for et vindu vil synliggjøre om varmetapet skyldes trekk fra utettheter omkring vinduet, eller om varmetapet skjer gjennom selve vinduet. I et termogram vil f.eks. et vindu med enkelt glass "gløde" mer enn ett med flere ruter. Termografering krever spesielt opptaksutstyr og bør utføres av konsulent med spesialkompetanse.

Tiltak

Dersom varmetapet fra vinduene skyldes trekk, kan dette utbedres med enkle midler. Problemet kan reduseres ved å dytte i fuger mellom karm og vegg, samt å montere tettelisten.

Kaldras kan motvirkes ved å montere en varmelist (eller annen varmekilde) under hvert vindu. Dette skaper en oppadgående luftstrøm som nøytraliserer kaldraset. I et energioekonomisk perspektiv bør det likevel ikke anbefales å bruke mer energi for å motvirke effekter av dårlig isolasjonsevne for vinduet.

Løsninger som forbedrer selve vinduets isolasjonsevne, uten å måtte gå til utskiftning, er derfor den beste løsningen for verneverdige hus. Generelt vil U-verdien for et vindu øke med antall glass, med avstanden mellom glassene, gassfylling og lavemisjonsbelegg. Enkle glass vil ha svært liten isolasjonsevne, og for slike vinduer vil det være stor energigevinst i å øke antall glass.



U-verdi for eldre vindustyper. (Frøstrup: Rehabilitering - bygninger i tre)

Selv for nye bygg, utgjør vinduene en stor andel av varmetapet. Gamle vinduer har som regel en U-verdi som er mye dårligere enn kravet for nybygg. For et typisk eldre vindu med ett lag glass er U-verdien 5,0 W/(m²K), mens Teknisk Forskrift 1997 har et krav på 1,6 W/(m²K).

Oftest er det av vernehensyn ikke ønskelig å skifte vinduet eller ruten. Montering av en ekstra rute innvendig kan da være et alternativ. Hvis mulig, anbefales det å bruke en forseglet rute med lavemisjons-belegg (LE-belegg) og gassfylling. Man kommer da ned i en U-verdi på 1,2 W/(m²K), altså godt under kravet til vinduer i nybygg. Hvis man velger å benytte kun ett lag glass i den innvendige ruten, bør man velge et glass med LE-belegg.

Tiltak på bygningskroppen: Vinduer

Montering av nytt innvendig varevindu

I de fleste tilfellene er insetting av vareramme som slår innover og som kan tas ut om sommeren, den enkleste måten å øke antall glass på. Mange synes løsningen er tungvint fordi de innadslående varerammene skaper funksjonelle problemer ved åpning av vinduene. I mange bystrøk er det hensiktsmessig å ha varevinduer på plass hele året på grunn av støy og støv.

Montering av ekstra koblet ramme

Ekstra ramme kan kobles til den eksisterende rammen. Denne løsningen kan kreve en del tilpasning dersom det er store skjevheter i originalrammene. Det kan også oppstå problemer med montering av lukkere og beslag, avhengig av utforming av karm og midtpost. Dette kan likevel være en god løsning i mange tilfeller og vinduets U-verdi kan forbedres med opptil 50%.

Utskiftning av glass i eksisterende innervindu

Ved Lunds tekniska högskola ble det i 1999 utført et forsøk der målsettingen var å studere muligheter for å forbedre eksisterende vinduers varmeisolerende egenskaper, og dokumentere effekten gjennom målinger. På tre prøvewinduer ble glasset i innrammen skiftet ut med et glass med lavemitterende (LE-) belegg. LE-glass er ikke vesentlig dyrere enn vanlig glass, noe som gjør tiltaket konkurransedyktig også økonomisk. Forsøket viste at spesielt for det eldste vinduet (fra 1880) oppnådde man en dramatisk forbedring av vinduets isolasjonsevne. U-verdien blir tilnærmet like lav som for moderne vinduer fra 1980- og 1990-tallet. (Med ett nytt LE-glass: 1.60 W/m²C).

Kostnader og sparepotensiale

Det blir ofte hevdet at reparasjon og utbedring av eldre vinduer er vesentlig dyrere enn å skifte til nye vinduer. Det er riktig at vindusreparasjon er relativt kostbart fordi det er arbeidskrevende, men prisene varierer ganske mye. De vil også variere med vinduets tilstand. En skal også være klar over at å skifte vinduer ofte medfører mer tilpasning i veggen og kostnader knyttet til det. I gamle hus kan vinduene variere litt i størrelse, slik at nye vinduer ikke passer helt inn.



De gamle industribygningene ved Moss Aktiemølle har fått nye funksjoner, blant annet kino, bibliotek, industrimuseum m.m. De originale jernvinduene er bevart, men har fått et ekstra glass på innsiden. (Foto: E. Grytli)

Et priseksempel for montering av nytt innvendig varevindu:

I en sveitervilla fra 1900-tallet i Oslo ble det i 2003 montert nye spesialtilpassede varevinduer. Huset har vinduer med tre rammer. Per ramme med glass og sprosser kostet det ca 600 kroner + moms. Maling kom i tillegg, ca 750 kroner. Ferdig malt og levert på døren kom hvert vindu på 2550 kroner før moms.

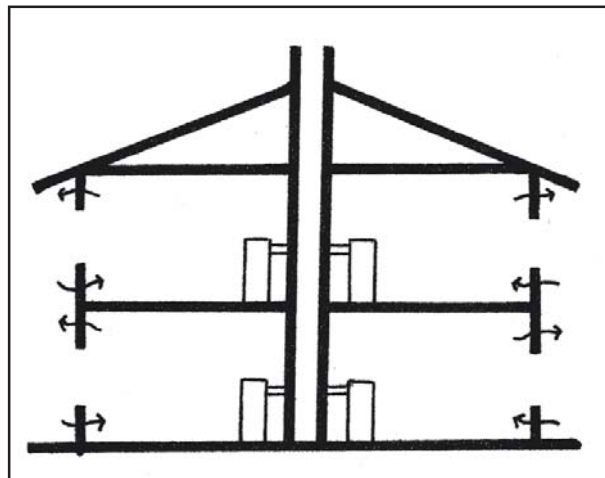
Installasjoner: Ventilasjonssystemer

Gamle hus har som regel det vi kaller naturlig ventilasjon. Dette systemet er basert på at varm luft er lettere enn kald luft, og den varme lufta stiger til værs og strømmer ut gjennom kanaler over tak fra kjøkken, bad og wc, eller gjennom pipa. Frisk, kald luft slipper inn gjennom utettheter i veggene, gjennom åpne ventiler og vinduer og strømmer via døråpninger og overstrømningsventiler til avtrekk på bad og kjøkken. Luftmengden er avhengig av hvor store åpninger man har for inntak og utslipp, forskjellen mellom ute- og innetemperatur, vindhastighet og -retning, samt av høydeforskjellen mellom inntak og avkast av luft. Ulempen med naturlig ventilasjon er at den er vanskelig å styre, den kan gi trekk og høy energibruk til oppvarming. Fordelen er at den som regel gir god luftkvalitet, forutsatt at utelufta er fri for forurensninger. Det er også i de fleste tilfeller et enkelt og vedlikeholdsfritt system.



Nye systemer og gamle bygg snakker ikke alltid samme språk. Interiørets stemning kan bli fullstendig overkjørt av moderne installasjoner. Med god planlegging kan dette imidlertid bli spennende kontraster. Ny restaurant i gamle lokaler ved Nedre Elvehavn, Trondheim. (Foto: E. Grytli)

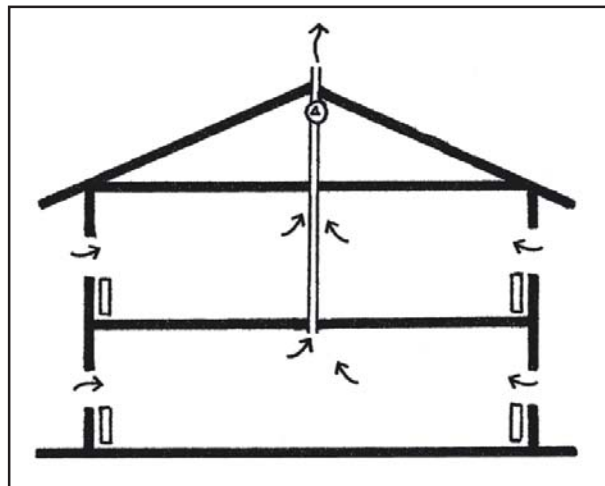
Tetting og etterisolering av eldre hus fører ofte til at den naturlige ventilasjonen blir redusert. Det kan da være nødvendig å montere klaff- eller spalteventiler i veggene eller vindusventiler, for å sikre nok lufttilførsel. Alternativt kan man være påpasselig med vinduslufting. Vinduslufting bør foregå i korte og hyppige perioder, såkalt sjokklufting, slik at man får skiftet ut all lufta raskt samtidig som bygningsmassen og møbler ikke blir kjølt betydelig ned. Installasjon av avtrekksvifter i kjøkkenavtrekk og på bad er også en mulighet (mekanisk avtrekksventilasjon), men disse kan medføre stort energibruk hvis de går hele tiden. Dette kan forbedres med å installere koblingsautomatikk som slår viftene av og på etter behov.



Prinsipp for naturlig ventilasjon.

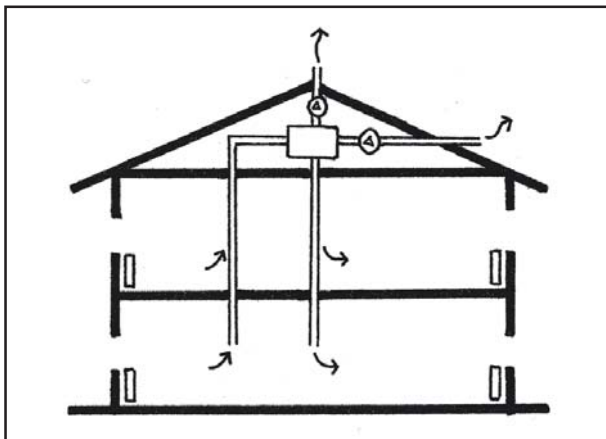
Mekanisk avtrekksventilasjon kan gi trekkproblemer hvis store mengder kald luft trekkes inn. Dette kan avhjelpest ved riktig utforming av tilluftsventilene. Tilluften kan også forvarmes med varmeelementer eller at man tar den inn gjennom solrom eller solvegger. Det er også mulig å installere en varmepumpe som henter varme fra avtrekksluften og varmer opp tappevann eller leverer varme til et vannbårent oppvarmingssystem.

Ut fra rene energimessige hensyn bør man ha et balansert mekanisk ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning. Dette krever imidlertid at ytterkonstruksjonen er meget tett, noe som er vanskelig å få til i eldre hus, selv med omfattende tetteltak. Installasjon av balanserte mekaniske ventilasjonsanlegg i eldre hus er kostbart og også ofte problematisk i vernemessig henseende fordi de krever nokså omfattende kanalsystemer. Installasjon av tillufts- og avtrekkskanaler vil føre til omfattende visuelle og fysiske inngrep i bygningen.

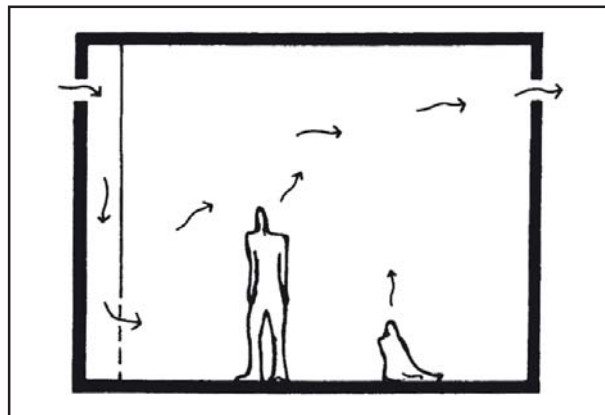


Prinsipp for mekanisk avtrekksventilasjon.

Installasjoner: Ventilasjonssystemer



Prinsipp for balansert mekanisk avtrekksventilasjon.

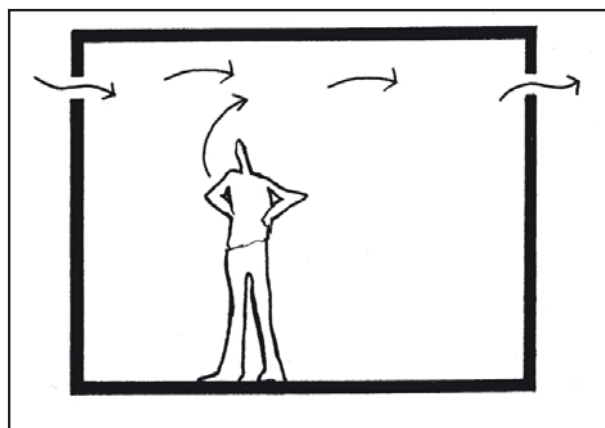


Prinsipp for fortrengningsventilasjon (over) og omrøringsventilasjon (under).

Gamle hus har ofte stor takhøyde i oppholdsrommene. Helt fra Kristianias bygningslov av 1824 og til og med Norges bygningslov av 1924 hadde man et minstekrav på 2,4 m til underkant takbjelke, men husene hadde gjerne høyere etasjer. Dette bør man ta vare på og utnytte med tanke på ventilasjon. I høye rom vil varmluftstrømmer fra personer og utstyr føre til at forurensning og varme stiger opp mot himlingen. Gitt at det ikke er lufttilførsel høyt i rommet vil dette føre til en lagdeling i rommet, med høyere konsentrasjon av forurenset luft og høyere temperatur i øvre del av rommet i forhold til den nedre delen av rommet (oppholdssonen). Denne effekten er størst når lufttilførselen er plassert lavt i rommet, og luftavtrekk er plassert høyt i rommet. Dette prinsippet kalles fortrengningsventilasjon.

Med stor takhøyde kan det ta betydelig tid før det forurensete sjiktet når helt ned til oppholdssonen. Dette vil kunne gi akseptabel luftkvalitet selv om tilførte luftmengder er relativt små. På denne måten vil man spare energi til oppvarming av ventilasjonsluften.

I tillegg vil bruk av materialer som ikke avgir forurensninger til inneluften være med på å senke behovet for ventilasjon. Lav innetemperatur er også en fordel, både fordi lufta føles friskere og fordi det gir mindre avgassing fra bygningsmaterialer.



Installasjoner: Elektrisk oppvarming

De første elektriske varmeovnene kom i begynnelsen av 1900-tallet og var nesten uten unntak flyttbare. Disse ovnene var som regel kun et tillegg til andre oppvarmingssystemer. Fast monterte elektriske panelovner begynte å komme fra 1930-årene. De første ovnene hadde gjerne ribber som etterliknet sentralvarmens radiatorer. Disse gav mye strålevarme, noe som var gunstig i dårlig isolerte rom og i rom med stor takhøyde. Neste utviklingstrinn var gjennomstrømningsovnen, som fikk langt mindre dimensjoner og gav mindre strålevarme. Den var bedre egnet for mindre rom og rom med liten takhøyde. Elektrisk oppvarming ble etter hvert mer og mer vanlig, og veggmonterte panelovner er i dag den mest brukte varmekilden i norske boliger.

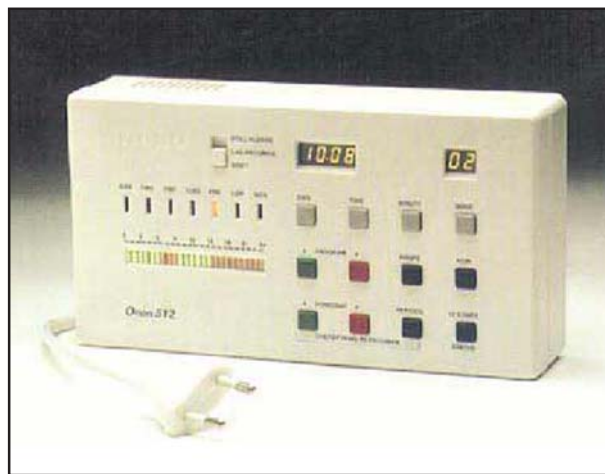
Behovsstyring av temperatur

Det er ikke god energiøkonomi å holde konstant romtemperatur i boligen over hele døgnet. Det er heller ikke nødvendig ut fra et komfortperspektiv. Rom som ikke brukes om natten kan da ha et lavere temperaturnivå. Effekten av nattsenking er større for bygninger med stort transmisjons- og ventilasjons/ infiltrasjons-varmetap, noe som også gjør dette tiltaket særlig aktuelt for eldre bygninger.

Styring av temperatur i forhold til ulike soner i huset kan også gi store energiøkonomiske gevinster. Det er vanligvis ikke nødvendig å holde samme temperaturnivå i alle rom i en bolig. Dette innebærer at boligen må deles opp i soner etter bruksmønsteret i boligen. Man bør ha dører som er lukket mellom forskjellige soner.



Denne veggmonterte panelovnen i glass er en diskret installasjon som skaper spenning mellom gammelt og nytt. (Foto: Nobø)



Med et sentralt styringspanel har man til enhver tid kontroll på temperaturen i hele huset. (Foto: Nobø)

Sentrale styringssystemer

Styringssystemer som regulerer temperaturen over tid og i forhold til brukssoner i boligen har stor energiøkonomisk effekt med minimale fysiske inngrep i bygningen. Det er derfor et av de mest egnede tiltakene for enøk i verneverdige bygninger. Et system betjent fra ett styringspanel gir bedre oversikt og letter reguleringen av temperaturen over døgnet og i forhold til ulike soner i huset. Man slipper å stille inn hver enkelt ovn til en jevn og behagelig temperatur tilpasset beboernes døgnrytme og oppvarmingsbehov. Det er viktig at systemet er brukervennlig.

Har boligen fem eller flere ovner eller varmeelementer, vil det med stor sannsynlighet være hensiktsmessig å installere sentralstyrt regulering av temperaturen. Et trådløst kommunikasjonssystem egner seg godt for ettermontering i eksisterende boliger, ettersom det innebærer små eller ingen inngrep på bygningen.

Styringsenheten plasseres på et egnet sted i boligen, hvorpå man stiller inn ønskede temperaturer og aktuelle tidsperioder for de forskjellige sonene i huset. Sentralen kommuniserer med ovnene og annet utstyr enten gjennom strømmettet eller gjennom radiosignaler. Styringsenheten kan også benyttes til å slå av og på belysning og annet elektrisk utstyr.

På sentralen stiller man inn nattsenking, dagsenking og helgesenking for de ulike sonene i huset. Hvor mange muligheter man har for slike variasjoner er avhengig av hvor avansert sentralen er og hvor lett det er å dele opp huset i soner. Gamle hus egner seg ofte godt til dette fordi de gjerne er oppdelt i soner i utgangspunktet.

Installasjoner: Elektrisk oppvarming

Prisen på varmestyringsprodukter varierer ettersom hvor avansert system man ønsker, men begynner på rundt 5000 kr (2003) for de enkleste systemene. Investeringen er også avhengig av hva slags ovner man har i boligen. Er ovnene gamle, bør man først vurdere å anskaffe nye, mer energieffektive ovner.

Varmestyringsprodukter selges for en stor del hos elektroinstallatører. Det kan være vanskelig å få tak i disse produktene i en vanlig elektro-/hvitevarebutikk. Elektroinstallatøren kan anbefale hvilket varmestyringsprodukt som passer best til den enkelte bolig. Det kan være lønnsomt for større boliger å få en befaring i huset før man bestemmer seg for varmestyringsprodukt ettersom husets størrelse og romorganisering kan ha mye å si for hva slags systemer som egner seg best.



Termostat med radiomottaker. (Foto: Siemens)

Installasjoner: Ovner og kaminer

Vedfyring i ovn har lange tradisjoner i Norge, og selv i dag brukes ved som tilleggsvarme i mange norske boliger. De første støpejernsovnene, som ble brukt til oppvarming og matlaging i kjøkkenet, ble introdusert i Norge på begynnelsen av 1800-tallet. Etter hvert fikk også "finstuen" en støpejernsovn. Produksjon av støpejernsovner utviklet seg i første del av 1800-tallet til en betydelig norsk industri. Ovner produsert før 1940 er definert som bevaringsverdige, men også senere ovner kan være verdt å ta vare på.

Eldre ovner kan gi 6 ganger så stort utslipp av svevestøv og avgasser som nye. På grunn av utslippene bør vedfyring begrenses, og spesielt i bystrøk. Et effektivt fyringsmønster, med bruk av tørr ved og god trekk gir en mer effektiv og økonomisk forbrenning. Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven setter tydelige krav:

Lukkede ildsteder for vedfyring skal utføres slik at det oppnås forsvarlig sikkerhet mot forurensning. Utslipp av partikler fra slike ildsteder skal ikke overstige verdien gitt i norsk Standard.

Kravet har ikke tilbakevirkende kraft for installerte ovner, men har til hensikt å begrense omplassering og ombruk av ovner produsert etter 01.07.97 som ikke tilfredsstillt kravet. Det bør likevel vurderes i forhold til ovnens verneverdi om de gamle ovnene skal erstattes eller utbedres.

De beste nye rentbrennende ovnene har en virkningsgrad opp i mot 90%, mens gamle ovner kan ha en virkningsgrad ned mot 50%. Det arbeides med å utvikle etterbrennere som kan monteres i gamle ovner, slik at man oppnår en mer fullstendig forbrenning.

Høy virkningsgrad og lite utslipp oppnås enten ved hjelp av en katalysator, eller ved to trinns forbrenning. I det siste har det blitt mest vanlig med to trinns forbrenning. Teknologien går ut på at veden forgasses og forbrennes i brennkammeret og at eventuelle uforbrente gasser etterbrennes med tilførsel av sekundær forbrenningsluft. To trinns forbrenning er mer driftsikker og rimeligere enn bruk av katalysator.



Jernovners relieffer representerer noe av det rikeste materialet vi har innenfor norsk skulptur og brukskunst. Av ovnene kan man lese brytningen mellom stilelementer og hjemlig formsans. Denne etasjeovnen er produsert av Ulefos. Modellen ble først produsert i 1766 og produseres den dag i dag i samme utforming, men med katalysator.

DEL 2: REDUKSJON AV ENERGIBRUK

Installasjoner: Ovner og kaminer

Magasinovner er murte ovner med stor masse (ofte mer enn 1000 kg). Ovnene lagrer varmen fra forbrenningen i murmassen og avgir jevn varme til rommet i flere timer etter at forbrenningen er avsluttet. Ovnene er som regel dyrere enn støpejernsovner i innkjøp. Klebersteinsovner, kakkelovner og bakerovner er typiske eksempler på magasinovner.



Moderne kakkelovn designet av Finn Hald.

Det fins også kaminer for fyring med parafin, olje og pellets. Fordelen med disse er at de kan brenne i lange perioder uten påfylling. Nyere kaminer brenner også effektivt selv med lave varmebehov. En kombinasjonsovn kan f.eks være en kamin med både ved- og parafinbrenner.

Bruker man olje eller parafin, må brenselet lagres på egne tanker plassert f.eks i et kjellerrom eller nedgravd i bakken. Sett i et miljøperspektiv er ikke parafin og olje å anbefale, fordi dette er ikke-fornybare brensel som gir betydelige utslipp av SO₂ og CO₂.

Kostnader for vedfyring:

Prisen på ved pr. produsert kWh avhenger av energiinnholdet i veden, vedovns virkningsgrad og prisen på veden. Alle tre faktorer varierer. Følgende tall er greie "normaltall" å gå ut fra:

Energi i normalt tørr ved: 4000 kWh/favn
 Typisk virkningsgrad for eldre vedovn: 50%
 Prisen på veden 1500 kr/favn
 Med utgangspunkt i disse tallene blir energiprisen $1500:4000:0,50 = 75$ øre/kWh.

Dersom man fyrer med en moderne og effektiv vedovn, vil virkningsgraden kanskje ligge på 80%. Prisen blir da $1200:4000:0,80 = 47$ øre/kWh. På samme måte kan regnestykket forandres med andre priser pr favn eller ved varierende energiinnhold i veden. Dersom man satser på selvhogst av ved er prisen avhengig av hva man verdsetter egeninnsatsen til. I tillegg til vedprisen utgjør investeringen i vedovnen en kostnad. Nye, rentbrennende ovner koster mellom 4000 og 40.000 kroner



Oljefyrt kamin. (Foto: Enøkguiden, Enøksentrenes webportal)

Installasjoner: Ovner og kaminer

Pelletskaminer er ovner som fyres med pellets. Pellets lages av sagflis, høvelspon og andre rester fra trebearbeiding, og er et miljøvennlig brensel. Dette betyr at brenning av pellets ikke bidrar negativt til CO₂-regnskapet, og er således mindre miljøskadelig enn brenning av olje og gass. En pelletskamin er konstruert med egen brenseltank og automatisk innmating av pellets. Brenseltanken rommer som regel 30-50 liter pellets, nok til mellom 10 og 50 timers fyring. Forbrenningen reguleres ved hjelp av en termostat som kontrollerer innmatingen av pellets og lufttilgangen i brennkammeret.

Enkelte kaminer har romtermostater som tilleggsutstyr. Termostaten har automatikk som tenner og slukker pelletskaminen etter innstilt temperatur. Romtermostaten har også innstillinger for nattsinking og ukeprogram. Pelletskaminer tilsluttes et pipeløp og må i tillegg ha elektrisk tilkobling, som er nødvendig for overvåkingen av forbrenningen og for tenning av kaminen. Pelletskaminer krever også en årlig service utført av fagpersonell. Ovnen med kanaler og pipeløp må feies og rengjøres 1 til 3 ganger i året. Foreløpig har man lite erfaring med hvor lang levetid man kan regne med for pelletskaminer.



Pelletskamin fra Jøtul.

Priseksempel:

En komplett pelletskamin koster fra 15-50.000 kr inkludert installasjon. Prisen er avhengig av lagerkapasitet, støynivå, og design. Fyring med villapellets koster ca. 40-70 øre/kWh avhengig av hvor store kvanta brensel man kjøper.

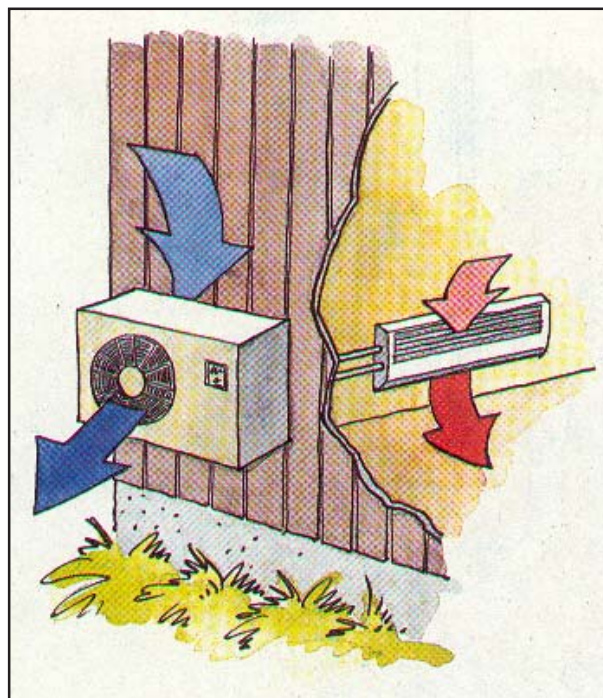
En bolig som bruker 30.000 kWh årlig til oppvarming og varmtvann vil ha behov for 7-9 tonn eller 12-14 m³ pellets pr. år.

Installasjoner: Luft/luft varmepumper

Prinsippet for varmepumper er beskrevet på side 53. En luft-til-luft varmepumpe eller en komfortvarmepumpe som den også kalles, består av en utedel og en innedel knyttet sammen med rør som arbeidsmediet sirkulerer gjennom. Varmen spres direkte fra innedelen, så denne bør plasseres slik at varmluften fordeles til en størst mulig del av bygningen. En åpen planløsning er en forutsetning for at en innedel skal kunne dekke store deler av huset. Siden varm luft stiger, vil det være en fordel å plassere innedelen lavt i bygningen. Utedelen bør plasseres slik at det ikke kommer nedbør på den og til minst mulig sjenanse for omgivelsene og fasaden.



Eldre bolig med installert luft til luft varmepumpe. Plasseringen av det utvendige maskineriet kan virke skjemmende på fasaden. (Foto: W. Knudsen)



Siden varm luft stiger, vil det være en fordel å plassere innedelen på nederste plan i bygget. (Illustrasjon: ENOVA)

Ulempen med luft/luft varmepumper er at jo kaldere uteluften er, desto mindre varme avgis. Denne type varmepumpe egner derfor seg best i områder med milde vintre (eks. kystklima). Det er behov for annen tilleggsoppvarming for å dekke hele oppvarmingsbehovet på kalde dager. Viftestøy kan forekomme, men ved riktig utforming kan den reduseres betraktelig.

Installasjon av luft/luft varmepumper er forholdsvis enkelt i eksisterende boliger og kan være en gunstig løsning energimessig, økonomisk og vernemessig. De fysiske inngrepene i bygningskroppen er små ettersom det kun kreves hulltaking til rørene mellom ute- og innedelen. Hullet i veggen må lages slik at det ikke kommer fukt inn i veggen og eventuell kondens må ledes ut. Tettingen mellom hull og innervegg må være god. Varmepumpen må ikke ombygges slik at man hindrer fri luftstrømning til inne- og utedelen. Da risikerer man at viften suger inn den nedkjølte ut-luften eller den oppvarmede inneluften. Dette gir dårlig effekt og dårlig innelima.

Eksempel på besparelse:

Prisen på luft/luft varmepumper ligger på ca. 20-35.000 kroner inkludert montering. Årlig energibesparelse i en vanlig enebolig er fra 20-50% av energien som brukes til romoppvarming. En typisk eldre enebolig har et romoppvarmingsbehov på 25.000 kWh/år. Hvis man installerer en varmepumpe som sparer 35% av oppvarmingsbehovet og koster kr. 20.000 i innkjøp og installasjon, vil den ha en tilbakebetalingstid på 4 år med en energipris på 60 øre/kWh. Levetiden på en luft-luft varmepumpe er sannsynligvis ca 10-15 år, men det mangler data på dette. Varmepumper krever årlig vedlikehold, helst av fagpersonale.

Installasjoner: Sentralvarmeanlegg

Fra slutten av 1800-tallet ble sentralvarmeanlegg for boliger vanlig i Norge. Utviklingen av sentrale varmesystemer startet med luft og damp som varmebærere. Etter hvert ble imidlertid vann det dominerende varmebærende medium. De første sentralvarmeanleggene var fyrte med ved, kull eller koks. Etter andre verdenskrig tok olje over som det viktigste brenselet. Moderne sentralvarmeanlegg er vanligvis utrustet med både oljefyrt kjel og elektrokjel, noe som gjør det mulig å skifte mellom brenseltypene, avhengig av hvilken som til enhver tid er billigst. Kjeler for småhus har vanligvis mulighet for fyring med ved i tillegg til olje, og er oftest forsynt med elektrisk kolbe som alternativ til oljefyringen.

De vanligste varmeapparatene i sentralfyrte boliger var til å begynne med støpejerns radiatorer. Fortsatt er radiatorer mest benyttet, men i dag er de gjerne produsert av stålplater. I eldre systemer var vannvolumet stort, noe som krevde store rørdimensjoner og varmeapparater. Dagens radiatorer har et vesentlig mindre vanninnhold. Sentralvarmeanlegg kan også ha skjult varmefordeling. Rørslynger i golv har hittil hovedsakelig vært benyttet i badrom, men har i senere tid også blitt vanlig i andre deler av boligen.

Installasjon av et vannbårent varmesystem i eldre hus er som regel et omfattende og ganske kostbart tiltak. Spesielt gulvvarme krever store konstruktive inngrep. Installasjon av et radiatorsystem krever også at man må ta hull i vegger og etasjeskiller for føring av rør. Dette er som regel ikke tilrådelig i verneverdige hus.

Eksempel på besparelse ved rørisolering:
I et fyrrom er det to ventiler, en shuntventil, en pumpe og to meter uisolert rør. Til sammen tilsvarer dette ca. 7 m rør. Rørdiameteren er 26,9 mm (DN20). Vannet holder en temperatur på 90°C. Fyrhuset er i drift 5000 timer pr. år. Hvis man isolerer med 20 cm isolasjon, vil man spare 2700 kWh/år. Med en driftsvirkningsgrad på 80%, tilsvarer dette en oljemengde på 338 liter. Hvis oljeprisen er 3 kr/liter, vil tiltaket gi en årlig besparelse på hele 1000 kr/år.

De følgende tiltakene forutsetter at det allerede fins et vannbårent varmesystem i huset.

Rørisolering

Fordelingsnettet i gamle sentralvarmeanlegg kan ha mangelfull eller skadet rørisolasjon. Et enkelt enøktiltak er da å reparere, skifte ut, eller tilleggisolere rørsystemet. Energibesparelsen vil være avhengig av antall løpemeter og dimensjoner for uisolerte rør, temperaturredifferansen mellom rør og omgivelser, samt fyringssesongens lengde. Det må også tas hensyn til hvor stor andel av varmetapet som kommer bygget til gode, dvs. om rørene går gjennom uoppvarmede eller oppvarmede rom. Er det mye varmere i fyrrommet enn i andre rom kan det være en indikasjon på at kjeler, rør og distribusjonsnett er dårlig isolert og avgir mye varme til omgivelsene. Å isolere rør, ventiler og flenser er enkelt og kan gjøres av alle. Det finnes gode isolasjonsprodukter på markedet som er enkle å legge på. For ventiler finnes det isolasjonselementer som er tilpasset ventilenes form og størrelse. Til isolasjon av rør og flenser finnes det både rørskåler, isolasjonsmatter og isolasjonselementer som kan benyttes.



Gammel fyrkjel for et vannbårent varmesystem.

Installasjoner: Sentralvarmeanlegg

Installasjon av styringssystem

Eldre varmeanlegg har ikke alltid shuntventiler og automatikk for regulering av vannets temperatur i forhold til utetemperatur. I tillegg har man sjelden mulighet til å redusere vanntemperaturen om natten eller i helger/ferier. Et effektivt tiltak kan da være montering av motorstyrte shuntventiler og automatikk for tilpasning til utetemperatur og natt/feriesenkning.

Shuntventilen sørger for at vannet i radiatorkretsen blandes til riktig temperatur. Når rommet er varmt nok er shunten helt stengt og vannet sirkulerer i radiatorkretsen uten nytt tilskudd av varmtvann fra kjelen. Når huset trenger mer oppvarming, åpnes ventilen og nytt varmtvann slippes ut i radiatorkretsen.

Shunten og shuntmotoren kan styres av et automatisk styringssystem. Styringssystemet kan ha innvendige og/eller utvendige følere. Disse måler temperaturen og sender signaler til styringsmekanismen som regulerer vanntemperaturen i radiatorkretsen etter en bestemt kurve. Kurven, som viser forholdet mellom temperaturen ved føleren og vanntemperaturen i radiatorkretsen, er individuelt tilpasset hvert enkelt hus. Innregulering av styringssystemet må derfor gjøres med omhu for hvert hus. Spesielt hvis man har utendørs følere, er det viktig å stille inn styringsmekanismen riktig. Hvis man for eksempel tilleggisolerer huset, endres kurven fordi det blir mindre oppvarmingsbehov og dermed lavere vanntemperatur i radiatorkretsen.

Dette tiltaket fører ikke til bygningsmessige inngrep, og er derfor uproblematisk i verne-henseende. Erfaringsmessig kan tiltaket gi en samlet energibesparelse på ca. 5% av netto årlig energibehov til oppvarming.



Gamle radiatorer er fortsatt i bruk. Denne er fra 1930-tallet. (Foto: K.G.Noach)

Eksempel på besparelse ved installering av styringssystem:

Kostnader for systemet inklusive installasjon kommer på 10000 kr. Med en gjennomsnittlig temperatursenkning på 2 grader (10% av oppvarmingsbehov, 2500 kWh/år) og en energipris på 60 øre/kWh, blir de årlige reduserte kostnadene til oppvarming 1500 kroner. Det gir en tilbakebetalingstid for investeringen på ca 7 år.

Installasjoner: Sentralvarmeanlegg

Innregulering av varmeanlegg

Eldre varmeanlegg kan være i ubalanse som følge av ombygginger og utvidelser i senere år. Dette kan ha ført til for høy temperatur i noen rom, noe som gir dårlig inneklime og større oppvarmingskostnader. Et aktuelt tiltak kan da være installasjon av strupeventiler og ny innregulering av varmeanlegget. Dette vil gi riktig vannmengde til de enkelte radiatorne, og radiatorne vil avgi riktig mengde varme ved at turtemperaturen reguleres avhengig av utetemperaturen. Innregulering av varmeanlegget vil erfaringsmessig gi en temperatursenking på 1°C, noe som vil redusere netto oppvarmingsbehov med ca. 5%.

Montering av termostatventiler på radiatorne

Eldre varmeanlegg har som regel manuelle radiatorventiler. Dette resulterer ofte i at ventilene blir stående konstant åpne, og at overskuddsvarmen ventileres ut ved lufting gjennom vinduer. Installasjon av termostatiske radiatorventiler kan da være et nyttig tiltak, spesielt i rom med høy internvarme og solbelastning. Først bør imidlertid utstyr for tilpasning til utetemperaturen installeres og varmeanlegget reguleres. Vanligvis er det også nødvendig å installere trykkstyrt pumpe for å unngå trykksvingninger og støy i systemet.



Utskifting av gammel oljekjel

Mange eldre hus med sentralvarme har gamle oljekjeler med lav effektivitet. En moderne oljekjel utnytter og omformer 80-85% av råvarens energi til utnyttbar varme. For en gammel kjel kan virkningsgraden i verste fall være helt nede i 50%. Eventuelt kan man vurdere om det er tilstrekkelig å kun skifte ut brenneren.

Hvis man skal bytte ut en gammel kjel med en moderne, må man være oppmerksom på at nye kjeler som regel har lavere temperatur på røykgassen enn gamle. Dette kan medføre at røykgassen kondenserer og gir vannskader i skorsteinen. Før man bestemmer seg for å skifte kjel, må man derfor kontrollere at skorsteinen tåler den lave temperaturen. Eventuelt kan man rehabilitere skorsteinen slik at den tåler lavere røykgasstemperaturer og kondensasjon. Kostnadene ved å rehabilitere skorsteiner ligger i området 1000-1500 kroner pr. meter.

Olje er et fossilt ikke-fornybart brensel som gir miljøskadelige utslipp. Gamle oljetanker som er nedgravd i bakken utgjør også en potensiell fare for lekkasjer med påfølgende forurensning. Har man en gammelt oljefyrt anlegg, bør man derfor vurdere å skifte til et nytt anlegg som benytter mer miljøvennlige energikilder.

Eksempel på besparelse ved utskifting av gammel oljekjel:

Hvis huset bruker 30.000 kWh i året til oppvarming og varmtvann, vil det gå med 6 m³ olje hvis kjelens virkningsgrad er 50%. Med en oljepris på 4 kr/liter, blir den årlige fyringskostnaden ca. 24.000 kroner. Hvis man bytter til en ny brenner med 80% virkningsgrad, vil man redusere fyringsutgiftene til 14.000 kr/år. Kostnadene ved en kjelutskifting kan ligge rundt 40.000 kroner, og man får da en tilbakebetalingstid på ca. 4 år.

Installasjoner: Skifte til mer miljøvennlig energikilde

Gass

CO₂-utslippene fra en gassfyrte villakjel er 25-50% lavere enn en oljefyrt kjel. Gassfyring gir ingen utslipp av svovel eller tungmetaller, men gir utslipp av NO_x, spesielt ved høy forbrenningstemperatur. Bruk av gass forutsetter et distribusjonsnett eller en egen gasstank. Det er kun et fåtall boligfelt i Norge som er tilknyttet et distribusjonssystem for gass, så prisene er foreløpig usikre. I forbindelse med en utbygging i 2000 oppga Statoil en årlig abonnementsavgift på 1900 kroner per bolig, for et felt med 50 eneboliger. I tillegg kommer investering i kjele og gassbrenner, som kommer på rundt 25.000 kroner. I januar 2003 kostet gass ca. 50 øre/kWh inkl. mva.



Gasskjel som også kan brenne olje.

Biomasse

Biopellets er en fornybar energikilde uten CO₂-utslipp. Trevirke binder CO₂ i vekstperioden som frigjøres under forbrenning. Dermed er det balanse i CO₂-kretsløpet. Miljømessig er derfor pellets å foretrekke framfor fossile brensler som olje og gass. For å bytte fra olje til pellets er det som regel tilstrekkelig å bytte brenner og tilførselsanlegg for brennstoff. De fleste brennere effektreguleres med brenseltilførselen, og fungerer for øvrig tilsvarende som oljebrennere. Kjelen bør rengjøres for aske minst annenhver uke og brenneren bør rengjøres regelmessig. Pellets krever forholdsvis stor lagerplass hvis man ikke vil kjøpe brensel ofte. En bolig som bruker 30.000 kWh årlig til oppvarming og varmtvann vil ha behov for 7-9 tonn eller 12-14 m³ pellets pr. år.

Kostnaden for å erstatte en oljebrenner med en pelletsbrenner i en eksisterende sentralfyr med kjel vil i følge NoBio ligge på 17-20.000 kroner, inklusive mateskrue og en enkel innendørs lagerplass. Dersom man uansett skal skifte ut oljebrenner og tank blir forskjellen liten.



Pelletskjel som også kan bruke olje, koks og ved.

Installasjoner: Skifte til mer miljøvennlig energikilde

Varmepumpe

I omgivelsene våre finnes varme lagret i bl.a. luft, vann og jord. Denne varmen finnes som oftest ved temperaturer som gjør at den ikke kan brukes direkte. Varmepumper gjør varmeenergi fra omgivelsene tilgjengelig ved temperaturer som egner seg til bl.a. romoppvarming. Hvis varmepumpen opererer ved lav temperatur (under 45°C), kan den avgi 3-4 ganger mer varme enn det den bruker av elektrisk energi til maskineriet.

Siden varmepumper henter varme fra omgivelsene, vil den varmekilden som har høyest og mest stabil temperatur egne seg best. Hvilken varmekilde som benyttes, er avhengig av tilgjengelighet, lokale forhold, plassering av boligen, størrelse på varmepumpen og økonomi.

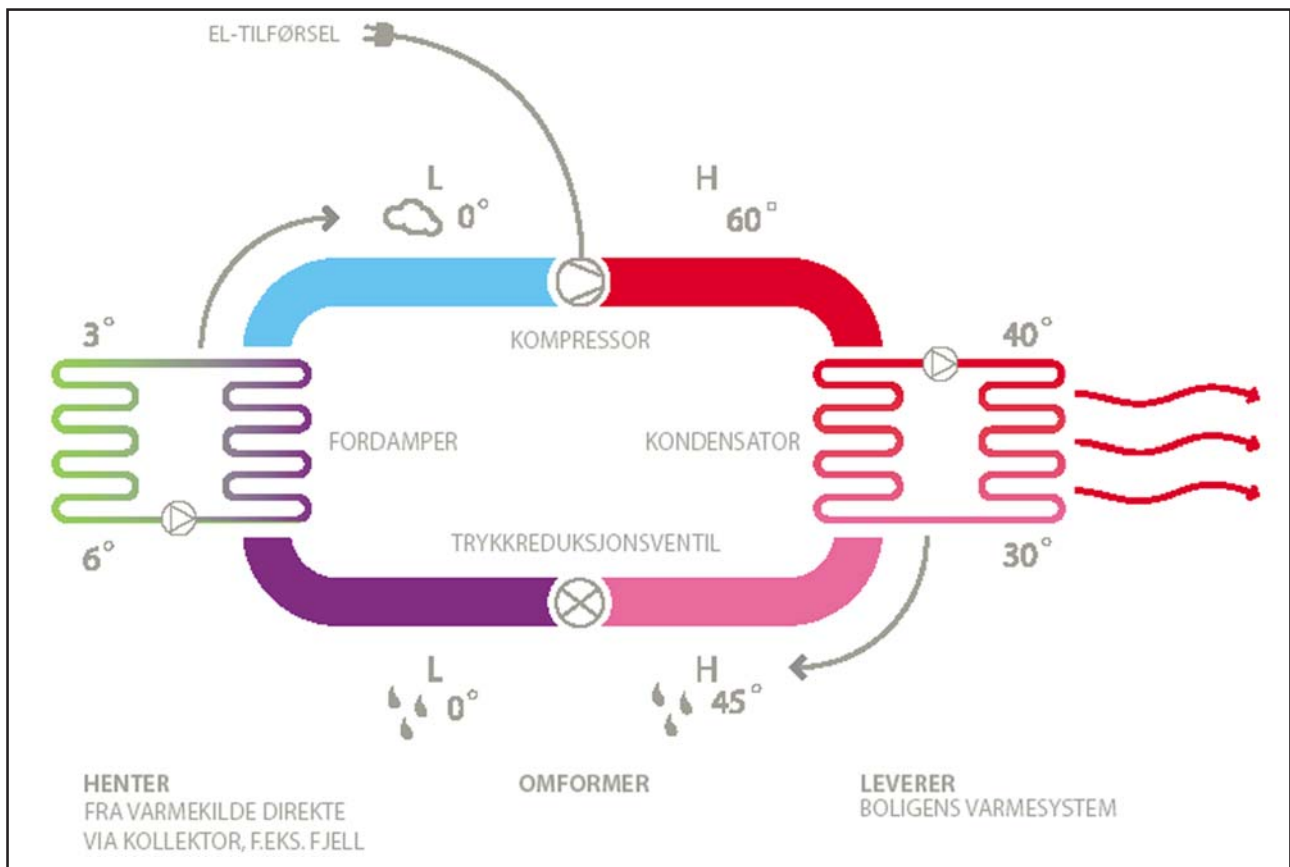
En varmepumpe er et lukket system av en eller flere kretser som henter inn, konsentrerer og distribuerer varme fra omgivelsene til bygninger. Varmen blir hentet ut av omgivelsene enten ved hjelp av et rørsystem gjennom en ekstern varmekilde eller direkte fra luften. I rørsystemet befinner det seg et

arbeidsmedium (oftest vann tilsatt en frostvæske som f.eks glykol) som blir varmet opp av varmekilden, før varmen blir avgitt til en fordamper i varmepumpen. I en luft-luft varmepumpe suges luft fra omgivelsene direkte inn i fordamperen der den tappes for varme.

Alle typer varmepumper har en krets med et arbeidsmedium som sirkulerer inne i selve varmepumpen. Dette arbeidsmediet skifter mellom væskeform og gassform og står under forskjellig trykk underveis gjennom kretsen.

I fordamperen brukes varmen fra den eksterne kilden til å omforme arbeidsmediet i væskeform til energirik damp. Derfra går dampen via en kompressor til kondensatoren. Her blir dampen omgjort til væske igjen, en prosess som frigir varmeenergi. Varmen tas opp av envarmebærer som bringer den ut i bygningen. Varmerbæreren er oftest vann eller luft. For å få riktig sirkulasjon i de forskjellige kretsene, evt. for å suge inn og blåse ut luft, og for å konsentrere varmeenergien kreves elektriske pumper/vifter og en kompressor.

Prinsipp for varmepumper. (Bilde: ENOVA)



Installasjoner: Skifte til mer miljøvennlig energikilde

En vannbasert varmepumpe krever et vannbasert distribusjonssystem, altså radiatorer eller gulvvarme. Gulvvarme krever lavere vanntemperatur, og er derfor gunstig for varmepumpens effektivitet. Men det er vanligvis teknisk vanskelig og kostbart å installere gulvvarme i eksisterende boliger.

Radiatorer krever mindre inngrep. Hvis bygget har et eldre radiatorsystem, kan dette ofte brukes. Ved installasjon av varmepumpe i et hus som tidligere er varmet opp av oljekjel er man enkelte ganger nødt til å skifte ut de gamle radiatorene med lavtemperatur radiatorer. I eldre hus som er rehabilitert med etterisolering, skifte av vinduer osv, kan gamle radiatorer ha stor nok varmeplate og kan i mange tilfelle beholdes. Det kan være lurt å la de gamle radiatorene stå den første vinteren for å se om de avgir tilstrekkelig varme, før man eventuelt tar den forholdsvis kostbare investeringen med å skifte dem ut.

Det er kostbart å installere varmepumpe og rimeligere enøk-tiltak bør gjennomføres før man vurderer dette. Lønnsomheten avhenger av om varmepumpen er riktig dimensjonert og tilpasset oppvarmingsystemet. Eldre fyringsanlegg krever godt vedlikehold og reparasjoner kan være kostbare. Installasjon av varmepumpe bør derfor vurderes i forhold til hva det vil koste å beholde eksisterende oppvarmingsanlegg. Det kan vise seg lønnsomt å investere i en varmepumpe med nytt og mer driftssikkert utstyr.

For at installasjon av varmepumpe skal lønne seg, må størrelsen og oppbyggingen av varmepumpen tilpasses boligens/beboernes varmebehov og varmfordelingssystemet. Riktig dimensjonert varmepumpe vil dekke 50-90% av totalt oppvarmingsbehov. Resten kan dekkes av elektrisitet, vedfyring eller oljefyring. Ved en slik kombinert oppvarming får varmepumpen lang driftstid og god utnyttelse. Varmepumpeanlegget må også styres riktig, da hyppig stopp/start av varmepumpen kan gi slitasje og driftsforstyrrelser. Minst en i husholdningen bør læres opp til å kunne ta ansvaret for styring og energioppfølging av varmepumpen.

En middels stor enebolig med 30.000 kWh/året i energiforbruk har normalt sett et oppvarmingsbehov på 24.000 kWh/år, inklusiv varmtvann. Leverandørene av varmepumper kan da love 50% reduksjon, tilsvarende 12.000 kWh/år eller 7200 kr/år (60 øre/kWh).

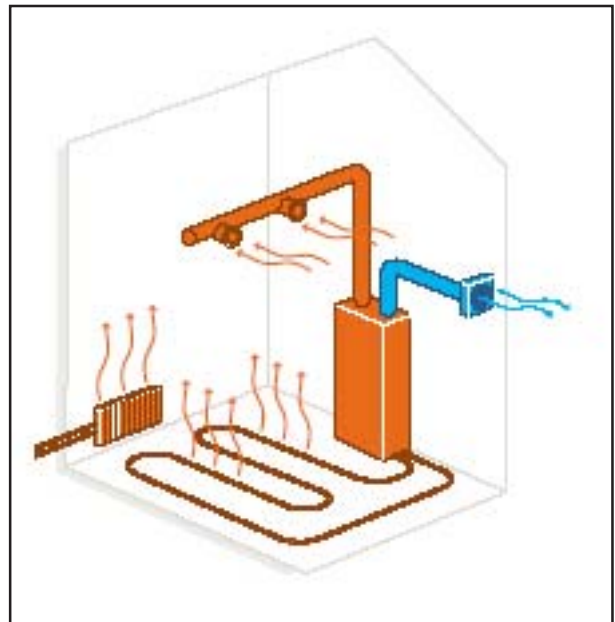
Innsparing pr. år med varmepumpe kan regnes ut

med følgende formel:

totalt energiforbruk (kWh) x 75% x 50% x 0,60 kroner/kWh = Redusert strømregning i kroner

Avtrekksvarmepumpe

Avtrekksluft har høy og nesten konstant temperatur året rundt, og kan utnyttes i varmepumper. For å utnytte avtrekksluften i en varmepumpe, må man ha mekanisk eller balansert ventilasjonssystem i boligen. Avtrekksvarmepumper har forholdsvis lave investeringskostnader, men gir mindre energisparing enn de fleste andre varmeopptakssystemer. Slike anlegg brukes hovedsakelig til å varme tappevann. Eventuell restvarme kan brukes til romoppvarming hvis man har et vannbårent distribusjonssystem. For boliger der ventilasjonsmengden er større enn normalt, f.eks. boliger med radon- eller fuktproblemer, vil en varmepumpe basert på avtrekksluft egne seg godt.



Avtrekksvarmepumpe i en bolig med mekanisk avtrekksventilasjon, (EVOVA).

En avtrekksvarmepumpe koster fra 25.000 kroner. Den kan dekke storparten av varmtvannsbehovet og eventuelt en liten del av romoppvarmingsbehovet.

Installasjoner: Skifte til mer miljøvennlig energikilde

Bergvarmepumpe

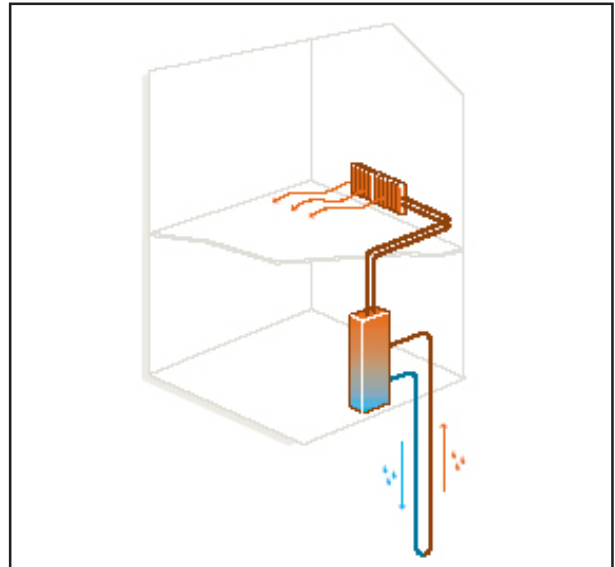
For å ta ut varme fra berg eller fjell må det bores dype borehull. Varmeopptakssystemet installeres i et 80-150 meter dypt borehull. Diameter på hullet er gjerne 10-15 cm. Diameter og borehulldybde er avhengig av boligens varmebehov. Jevn temperatur gjennom hele året gir gode driftsforhold for varmepumpen. Boring i fjell er relativt kostbart, men anleggene får meget god varmefaktor. Opptakssystemet ligger godt beskyttet i borehullene. En bergvarmepumpe med varmeopptaks-system koster 100-150.000 kroner. I tillegg kommer evt. ombygging av radiatoranlegg eller legging av gulvvarme med tilhørende automatikk.

Jordvarmepumpe

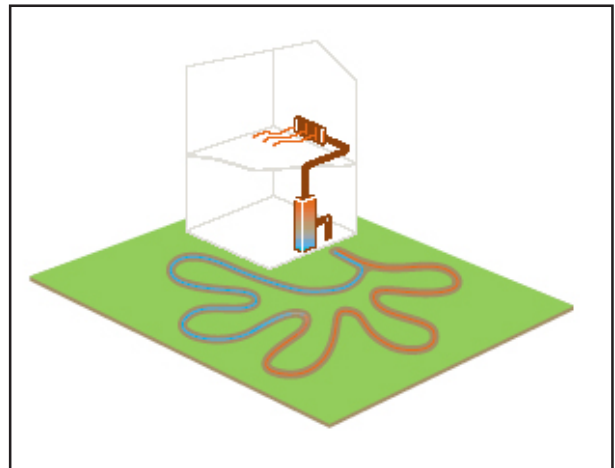
For boliger med egen tomt kan jordvarme utnyttes ved å grave ned varmeopptaksrør. Rørene må legges under teledybden (ca. 1-2 meter). Jordkvaliteten er avgjørende for hvor mye varme som kan tas ut, og det er gunstig med høy fuktighet. Myr gir best resultat og drenert sandjord dårligst. Hvis varmepumpen skal dekke et normalt oppvarmingsbehov, må rørene graves ned i et område på ca 200-300 m². Jordvarmepumpen har noe lavere investeringskostnader enn for borehull, gir omtrent samme besparelse og er like driftssikkert som ved borehull. Det kreves selvsagt en gravbar tomt, og man skal være oppmerksom på at vekstsesongen kan bli opp til 2 uker forkortet. Jordvarmepumpe egner seg dårlig for bygg med verneverdige hager.

Sjøvannsvarmepumpe

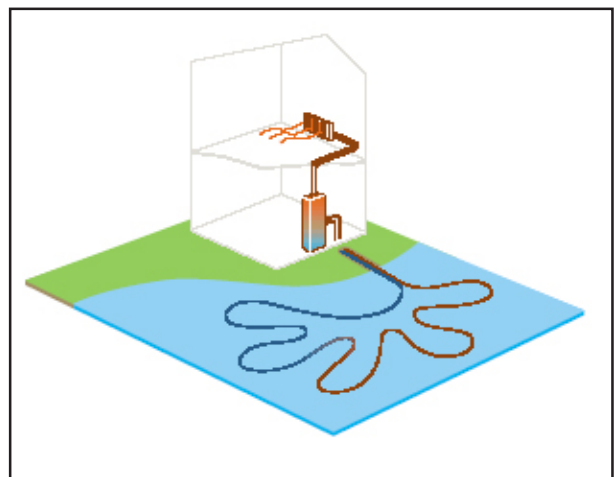
Sjøvann og innsjøer egner seg godt som oppvarmingskilde til varmepumpe dersom boligen har dette i nærheten. Vanligvis tas varmen opp ved å legge en lukket rørkrets hvor det sirkulerer en væske (vann-glykolblanding) på en dybde i sjøen der temperaturen er stabil året rundt. Sjøvannet kan også pumpes direkte gjennom en varmeveksler. Sjøvannsvarmepumper har noe lavere investeringskostnader enn for borehull og gir ofte en bedre besparelse. Sjøvann har stabil og høy temperatur året rundt. Innsjøvann vil normalt ha vesentlig lavere temperatur vinterstid.



Bergvarmepumpe. (ENOVA)



Jordvarmepumpe. (ENOVA)



Sjøvannsvarmepumpe. (ENOVA)

Installasjoner: Skifte til mer miljøvennlig energikilde

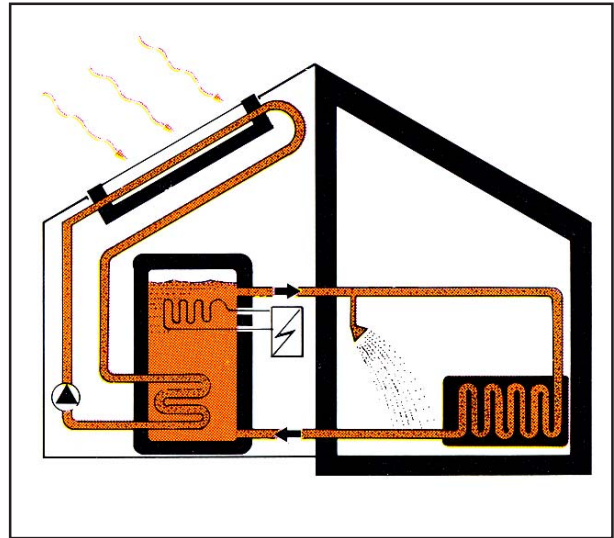
Solvarme

Et solvarmeanlegg består av en solfanger, et varmelager og et varmedistribusjonssystem. Solfangeren er typisk en svart, isolert plate som absorberer energien fra sola. Varmen blir transportert ut av solfangeren ved hjelp av væske (vann) eller luft og kan brukes til romoppvarming, oppvarming av tappevann, eller forvarming av ventilasjonsluft. Et varmelager er nødvendig for å ta vare på varmen i perioder med lite solinnstråling, dvs om natten og på overskyede dager. Varmelageret kan f.eks. være en vanntank, et steinlager, eller massive bygningsdeler. Distribusjonssystemet består av rør/kanaler og pumper eller vifter.

Lønnsomheten ved et solvarmeanlegg er avhengig av soltilgang og varmebehov. Generelt kan man si at jo større forbruk man har og jo større samsvar det er mellom energibehov og solinnstråling, desto bedre lønnsomhet vil man få. Anlegg til oppvarming av tappevann og svømmebasseng vil altså komme best ut rent økonomisk. Driftskostnadene for et solfangeranlegg er som regel små, kostnadene er først og fremst knyttet til innkjøp av materialer, komponenter og installasjonsarbeidet.

Solvarmeanlegg har vært brukt i en årrekke, men har foreløpig ikke fått noen utstrakt bruk i norske bygninger. Innpassing av solvarmeanlegg i verneverdige bygg er spesielt utfordrende fordi selve solfangeren vil være et fremtredende visuelt element. Ofte plasseres det på tak eller integreres i fasaden. For verneverdige hus kan det være et alternativ å plassere solfangerne på en lite fremtredende plass, f.eks plassere dem på egne tilleggende konstruksjoner.

Vanligvis er det ikke lønnsomt å dekke hele oppvarmingsbehovet med et solfangeranlegg. For oppvarming av tappevann dimensjoneres som regel anlegget til å dekke 50-70% av behovet, mens et kombinert rom- og tappevannsanlegg typisk dekker 20-30% av det totale varmebehovet. Et typisk tappevannsanlegg vil da kunne produsere 3-500 kWh/år pr. m² solfanger, mens et kombinert anlegg vil produsere 2-400 kWh/år pr. m² solfangerareal.



Prinsippskisse av et solfangersystem til oppvarming, radiatorer og tappevannsoppvarming.

Eksempel på besparelse:

Et bygningsintegriert solfangeranlegg har en merinvestering i forhold til normal takteking på mellom 1000 og 2000 kroner pr. m² solfanger (SolarNor, 1997). Et typisk solvarmeanlegg som dekker 50% av tappevannsbehovet og 15% av romoppvarmingsbehovet koster ca 35.000 kroner inkludert installasjon og mva (SolarNor 2003). Hvis man regner med 15 års levetid og en realrente på 7%, vil man da få en energikostnad på 30-60 øre/kWh, avhengig av type anlegg. Dette omfatter ikke kostnader til energisentral og varmedistribusjonssystem.

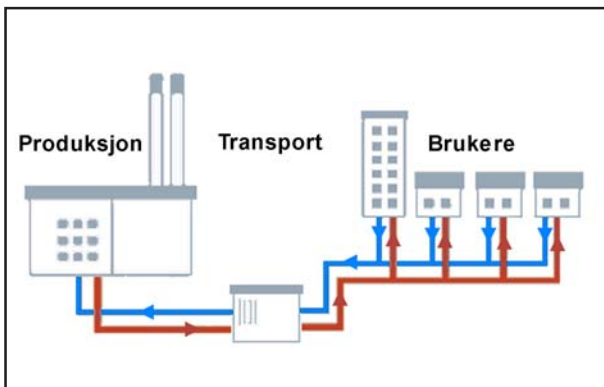


Solfangere er installert på dette taket i Sverdrups gate i Oslo. (Foto: Aftenposten)

Installasjoner: Skifte til mer miljøvennlig energikilde

Fjernvarme

Overgang fra oljekjel til fjernvarme kan være et miljøvennlig tiltak hvis fjernvarmeanlegget baserer seg på fornybare energikilder som biovarme, varmepumpe eller søppelforbrenning. I Oslo dekkes for eksempel ca. 50% av fjernvarmen ved søppelforbrenning og biobrensel. Tilknytning til fjernvarme forutsetter at det er lagt ut fjernvarmenett i området og at huset har et vannbårent varmesystem. Fordelen med fjernvarme er at man ikke trenger noen fyrkjel i huset, og at man slipper arbeidet med vedlikehold og energitilførsel til kjelen. Man trenger kun en fjernvarmesentral (varmeveksler), som tar lite plass. Forøvrig har valg av ekstern varmekilde ingen betydning for interiøret såfremt distribusjonssystemet i huset er det samme som før.



Illustrasjon fjernvarme

Merkostnaden ved å installere et varmelager med elektriske varmelementer, forvarmetank for tappevann og mulighet til å koble seg til andre energikilder vil være på 7-10.000 kroner i hus med til el-kasett/el-kjel (Norsk petroleumsinstitutt, 2003).

Varmelager

Hvis man har gjennomført enøk-tiltak som tetting og isolasjon, vil varmebehovet i boligen bli redusert. Det eksisterende fyringsanlegget kan da være overdimensjonert. Dette medfører kortere driftsperioder på kjelen, lavere virkingsgrad, samt større slitasje på anlegget. I slike tilfeller kan det være en god løsning å installere et varmelager, også kalt akkumulatortank. En slik tank er en godt isolert vannbeholder som brukes til å jevne ut temperaturen. Et varmelager vil ikke bare forbedre effektiviteten til oljekjelen, det vil også åpne for muligheten til å benytte flere alternative energikilder, for eksempel el, olje og solenergi eller el, varmepumpe og biomasse. På denne måten kan man bruke den energikilden som til enhver tid er mest effektiv og rimeligst.

Et varmelager kan inneholde all nødvendig utrusting som pumper, styring og automatikk, varmelementer, forvarmetank for tappevann og tilkoblingsmuligheter for andre energikilder. Varmelageret dimensjoneres normalt til å dekke ett døgns oppvarmingsbehov på de kaldeste dagene. For en typisk nyere enebolig blir dette en tank på ca. 2 m³. Dette tilsvarer et innvendig mål på ca. 125cm x 125cm x 125cm, i tillegg kommer utvendig isolering som utgjør 10 cm. Tanken kan tilpasses flere mål og plasseres i kjeller, boder, utvendig garasje eller andre rom med sluk.



Et typisk varmelager. (Foto: Solarnor)

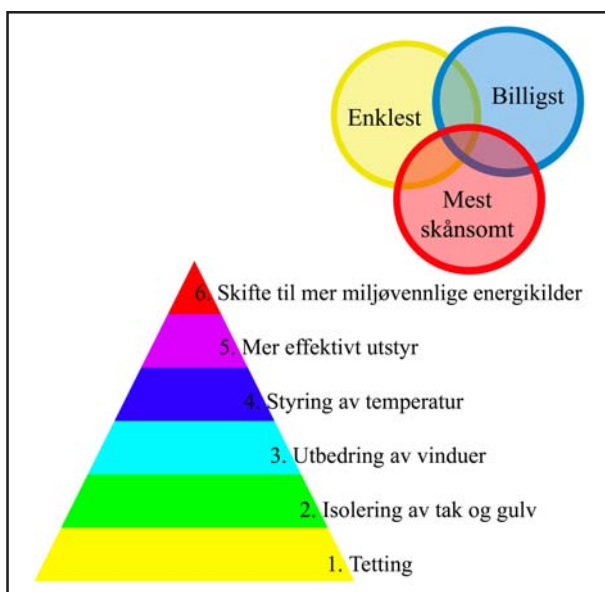
Oppsummering

Denne veilederen setter fokus på planlegging av energiltak på eksisterende boliger der verneverdi setter særlige premisser for valg av løsning. Den retter seg mot de tilfeller da man ikke ønsker eller har anledning til å foreta store inngrep verken innvendig eller utvendig, men likevel ønsker å redusere energibruken og oppnå et mer behagelig innemiljø.

Enhver eldre bygning er unik, med sin arkitektur og sin historie, sine originaldeler og spor etter utvikling gjennom tidene. Bygningen fortjener å bli tatt godt vare på og bli tatt på alvor som det bygningsmessige klenodiet den er.

Enhver utbedring av en eldre bygning bør bygge på en helhetlig undersøkelse og vurdering av bygningens tilstand, egenskaper og kvaliteter før en setter i gang. Det anbefales sterkt å søke kontakt med fagfolk på et tidlig stadium: Arkitekt og/eller byggmester, eventuelt enøk-rådgiver. Be om referanser med hensyn til verneverdige bygninger. Det kan også være lurt å rådføre seg med Plan- og bygningsetaten og vernemyndighetene i sitt område hvis man har spørsmål om hvordan man skal forholde seg til sitt gamle hus, lovverk og prosedyrer omkring renoveringen.

Det er særlig viktig å ha kunnskap om bygningens konstruktive oppbygging. Dette vil være avgjørende for å vurdere hvilke tiltak som egner seg eller er mulige å gjennomføre. Noen tiltak vil kunne akselerere forfall og skape byggskader dersom de utføres uten hensyn til bygningens konstruksjon og materialer, og særlig dersom lufting av konstruksjoner blir forhindret.



Energiltakene vi drøfter kan grovt sett inndeles i to hovedgrupper:

1. Bygningsmessige tiltak

2. Installasjonsmessige tiltak

1. Bygningsmessige tiltak:

Reduksjon av varmetap ved forbedring av selve bygningskroppen gir både lavere energibruk og bedre komfort. Vernehensyn må imidlertid vurderes nøye for slike tiltak.

Trebygninger:

De fleste norske småhus er oppført i trekonstruksjoner. Før ca. 1900 var det for det meste lafte- eller reisverkshus som ble bygget. Trebygninger yngre enn 1900 er oftest oppført i reisverk eller bindingsverk. På trehus vil det være mulig å utføre en god del bygningsmessige tiltak som ikke fører til store inngrep:

- Tetting av luftlekkasjer omkring vinduer, dører og langs golv og tak.
- Etterisolering av bjelkelag mot kjeller og mot kaldt loft.
- Trevegger med hulrom (eldre bindingsverk og reisverk) kan i en del tilfeller etterisoleres ved innblåsing av mineralull. Tiltaket må ikke hindre nødvendig lufting av konstruksjonene pga. fare for råteskader.

Murbygninger:

Teglbygninger i Norge finnes blant annet som leiegårdbebyggelse fra 1800-tallet i storbyenes sentrumsområder. Murgårdsbebyggelsen har ofte rikt dekorerte fasader, og utvendig etterisolering vil ha store arkitektoniske konsekvenser. Innvendig isolasjon medfører fare for frostsikader på mur og puss. Generelt er derfor etterisolering av yttervegg i murgårder ikke å anbefale. Derimot anbefales følgende:

- Tetting av luftlekkasjer omkring vinduer, dører og langs golv og tak
- Etterisolering av etasjeskillere mot kalde arealer. Vær oppmerksom på fare for råteskader på grunn av endrede fukt- og temperaturforhold.
- Utvendig etterisolering kan være mulig på deler av bygningene, for eksempel blindgavler og enkle gårdsfasader. Etterisoleringssystemer med puss anbefales.

Bolighus i betong og lettbetong ble vanlige i tiden etter 2. verdenskrig og de store boligreisningsprogrammene i 1950-årenes drabantbyer. Disse bygningene har ofte etasjeskillere i betong. Innvendig etterisolering gir derfor problemer med kuldebroer.

Oppsummering

- Utvendige etterisoleringsystemer med pusset overflate vil i mange tilfeller kunne utføres på denne bebyggelsen med godt resultat.

Vinduer:

Vinduene er blant de viktigste arkitektoniske elementene på eldre bygninger, og er samtidig ofte et svakt punkt med hensyn til energitap. På grunn av vinduenes store betydning for bygningens arkitektur og verneverdi vil vi generelt anbefale så langt som mulig å beholde originale eller gamle vinduer. Slike vinduer har også ofte høyere materialkvalitet enn nye. Forsøk har vist at eldre vinduer kan oppnå fullgod U-verdi ved ulike forbedringstiltak. Anbefalte tiltak, avhengig av vinduenes type:

- Montering av nye tettelister mellom karm og ramme
- Montering av nytt innvendig varevindu med et glass og LE-belegg eller to-lags energiglass og gassfylling
- Montering av ekstra koblet ramme
- Nytt energiglass i eksisterende innerramme

2. Installasjonsmessige tiltak:

Dersom akseptable bygningsmessige tiltak ikke reduserer energibruken tilstrekkelig, eller huset fortsatt oppleves som kaldt og trekkfullt, bør oppgradering av varmeanlegget og energitilskudd fra fornybare energikilder vurderes.

Elektrisk oppvarming

Dersom bygget varmes med panelovner eller elektriske varmekabler, kan det installeres et styringssystem for innnetemperaturen. Dette tiltaket gir ikke inngrep i bygningskroppen og er som regel lønnsomt.

Ovner og kaminer

Fyring med biomasse som ved og pellets anbefales framfor ikke-fornybare energikilder som olje og gass. Vedfyring gir imidlertid utslipp av svevestøv, som kan være et alvorlig problem i tettbygde strøk. Gamle, ineffektive ovner kan byttes ut med nye, rentbrennende ovner, men hvis den gamle ovnen er verneverdig, er ikke dette et alternativ. Riktig fyring blir da viktig (tørr ved, god trekk). Etter hvert kommer forhåpentligvis også effektive etterbrennere for gamle ovner på markedet.

Luft-til-luft varmepumper

Har man en åpen planløsning og et stort oppvarmingsbehov, kan installasjon av luft/luft-varmepumpe være gunstig. Installasjonen gir forholdsvis små inngrep i bygningskroppen, og hvis

utedelen kan plasseres på en harmonisk måte, kan dette være en god løsning for verneverdige bygg.

Sentralvarmeanlegg

Har bygget et eldre sentralvarmeanlegg, kan installasjon av automatikk for korrigering mot utetemperatur og natt/feriesenkning være et effektivt tiltak som dessuten ikke krever inngrep i bygningskonstruksjonen.

Eldre sentralvarmeanlegg har ofte mangelfull eller skadet rørisolasjon. Reparasjon, utskifting og tilleggisolasjon av fordelingsnett vil da være et enkelt og effektivt tiltak som ikke forringer bygningens verneverdi. Innregulering av anlegget, og montering av termostatventiler er også enkle og effektive tiltak for eldre bygninger.

Eldre sentralvarmeanlegg har ofte ineffektive kjeler og brennere. Disse bør oppgraderes eller byttes ut med nye, helst basert på fornybare energikilder som biomasse, solvarme, eller knyttet til varmepumpe eller fjernvarmeanlegg. Hva som er mest lønnsomt og miljøvennlig avhenger av lokale forhold og må vurderes i hvert tilfelle ettersom noen av løsningene kan kreve relativt store inngrep i verneverdige konstruksjoner eller landskap/naturmiljø.

Et eksempel:

Energiltak i en bygård på Bakklandet i Trondheim

Bygningen ligger i tett bystruktur i verneområdet Bakklandet i Trondheim. Bygningen er fra 1812 eller tidligere, men er om- og påbygd i flere omganger gjennom tidene. Eiendommen er en av de få bygårdene i området som ikke er totalrehabilitert i løpet av de siste 10-15 årene, og framstår i dag som relativt uendret siden 1920-tallet. Fra et antikvarisk synspunkt er den derfor en av de mest verneverdige eiendommene i området.

Bygningen hviler på ringmur, dels i gråstein, dels i teglstein, utvendig pusset. Det er utgravd kjeller under det meste av bygningen. Bygningen er oppført i tømmer, utvendig bordkledt og innvendig kledt med panel/plater med tapet. Utvendig panel er av noe ulik alder, men deler av panelet mot gården kan være originalt. Huset er ikke etterisolert. Bygningen har saltak som bæres av åser. Det er i løpet av det siste året lagt ny tegl på taket. Loftsetasjen er innredet med boder, men uisolert. Bygningen har enkle empirevinduer med to fag og tre ruter i hver ramme. Rommene er innredet med flere lag platekledninger og tapeter. Interiørene er sterkt nedslitt. Det kan ikke utelukkes at originale interiører kan finnes under yngre plate/tapetlag.

Relevante fakta om huset for beregninger

Oppvarmet golvareal: 180 m²

Oppvarmet volum: 490 m³

Gjennomsnittlig innetemperatur: 20°C

Infiltrasjon/ventilasjon: 1.5 luftvekslinger pr. time

Yttervegger: 175 m², U = 0.68 W/(m²K)
(uisolerte tømmervegger)

Tak mot kaldt loft: 95 m², U = 1.0 W/(m²K)
(bjelkelag med 5 cm leirefyll på stubbeloft)

Gulv mot kjeller: 85 m², U = 1.0 W/(m²K)
(bjelkelag med 5 cm leirefyll på stubbeloft)

Gulv over portrom: 15 m², U = 1.0 W/(m²K)
(bjelkelag med 5 cm leirefyll på stubbeloft)

Vinduer: 20 m² mot nordvest, 10 m² mot sørøst, 10 m² mot sørvest, U = 4,7 W/(m²K)
(et lag glass i trerammer)

Dører: 5 m², U = 2,9 W/(m²K)

Energibehov til oppvarming: 68.200 kWh/år



Fasade mot gaten. (D.Oliveira)

Eiendommen er orientert med hovedbygningens gatefasade mot nordvest. I bakkant ender eiendommen i en bratt skrent som på toppen er bebygget med høy murbebyggelse som skjermer for sol store deler av året. Også tilgrensende bebyggelse og vegetasjon skjermer delvis for direkte sol på fasadene. Begrensningene som ligger i området er regulert til spesialområde for bevaring tilsier at særlig gatefasadene bør forbli så uendret som mulig. Inne i gården tillates endringer når dette ikke bryter for mye med områdets hovedstruktur og dimensjoner.

Norsk Standard 3031 fastsetter at innetemperaturen i boliger skal være 22°C ved beregning av energibehov. I beregningene for dette eksempelbygget er det valgt å sette en gjennomsnittlig temperatur på 20°C. Reduksjonen fra 22°C til 20°C tar høyde for at det i noen rom ofte holdes lavere temperatur enn i oppholdsrom, noe som er vanlig i eldre bygg. Det kan diskuteres om det bør regnes med enda lavere innetemperatur i gamle, dårlig isolerte boliger. Erfaringsmessig praktiseres ofte en bevisst eller ubevisst temperatursenkning i de delene av døgnet hvor bygninger eller deler av bygningen ikke er i bruk. Energireduserende tiltak gir mulighet for økt bostandard, og følgelig må det forventes større krav til bokomfort som et resultat av slike tiltak. For å kunne sammenligne energibehovet før og etter utbedring er det valgt å sette samme innetemperatur for beregningen både før og etter utbedring. Følgelig vil energibehovet før utbedring være noe høyt i forhold til reelt energibehov.

Et eksempel:

Infiltrasjon (luftlekkasjer) og ventilasjon i eldre hus skjer gjennom ytterkonstruksjonen. Infiltrasjonstallet måles i antall luftvekslinger pr time, og er en funksjon av ytterkonstruksjonens tetthet, temperaturforskjell mellom inne- og uteluft, og vindhastighet. Infiltrasjonstallet er vanskelig å fastsette uten å foreta relativt omfattende målinger (se f.eks. NBI-rapport O-9986). I de fleste tilfeller må man derfor bare skjønnsmessig anslå infiltrasjonstallet basert på antall løpemeter vindusomramming og detaljeringen i forbindelse med overgangene mellom ulike bygningsdeler (vindu, golv, vegg, tak). Nye bygninger har typisk et infiltrasjonstall på 0.15 luftvekslinger pr. time. I bygninger fra 1930-1960 er det vanlig å regne et infiltrasjonstall på 0.7-1.5 luftvekslinger/time i innenlandsstrøk. På spesielt værharde plasser kan infiltrasjonen komme opp i 4 luftvekslinger/time (Hagen, 1991).

Utvendig isolasjon av yttervegger vil høyst sannsynlig medføre at den eldre, verneverdige kledningen erstattes med ny. Innvendig isolasjon av yttervegger vil medføre at originale interiører bygges inn eller i verste fall fjernes. Det vil også medføre problemer med listverk mv., samt at arealet i allerede små rom reduseres. På bakgrunn av at dette tiltaket i stor grad er i konflikt med bevaringsinteresser, anbefaler vi ikke etterisolering av vegger.

De etterfølgende beregningene av ulike energisparetiltak er gjort ved hjelp av programmet "Energi i bygninger" (www.programbyggerne.no). Kostnadsberegningene er gjort med en energipris på 60 øre/kWh, og det er ikke tatt hensyn til rentekostnader ved beregning av tilbakebetalingstid. Vær oppmerksom på at priser for de ulike tiltakene kan variere mye.

Tiltak nr. 1: Tetting

Montering av tettelister rundt vinduer og dører samt tetting langs yttervegg mot golv og tak. Det anslås at infiltrasjonen reduseres fra 1.5 luftvekslinger/time til 1.3 luftvekslinger/time.

Årlig energibehov til oppvarming reduseres fra 68.200 kWh til 63.900 kWh.

Man sparer 4300 kWh/år, noe som gir en årlig reduksjon av energikostnadene med 2580 kroner (med en energipris på 60 øre/kWh). Tiltaket krever en investering på mindre enn 2000 kroner (hvis man gjør det selv), og er dermed tilbakebetalt på under et år.

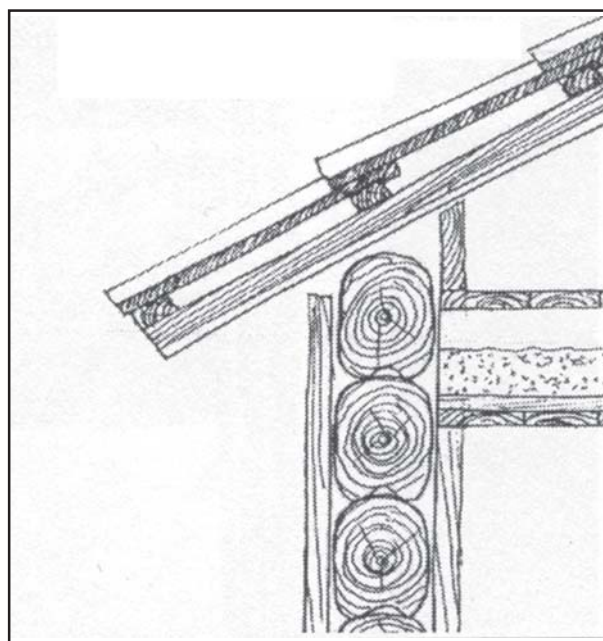
Tiltak nr. 2: Isolasjon av bjelkelag mot kaldt loft
Bjelkelaget mot loftet har 5 cm leirefyll på stubbeloft med en U-verdi på ca. 1.0 W/(m²K).

Bjelkelaget kan i prinsippet tilleggsisoleres på 3 ulike måter:

Et alternativ er å isolere på undersiden av bjelkelaget. Dette vil imidlertid føre til at eksisterende himling kles inn, at eksisterende listverk fjernes, og at takhøyden i rommene under reduseres. Tiltaket anbefales derfor ikke.

Et annet alternativ er å isolere fra oversiden ved å legge ut matter oppå golv/bjelkelag. Dette er en enkel metode, men man vil ha trekk/luftstrømmer i hulrommet over leira som vil redusere effekten av isolasjonen. Isolasjon over bjelkelaget vil også gi redusert takhøyde på loftet.

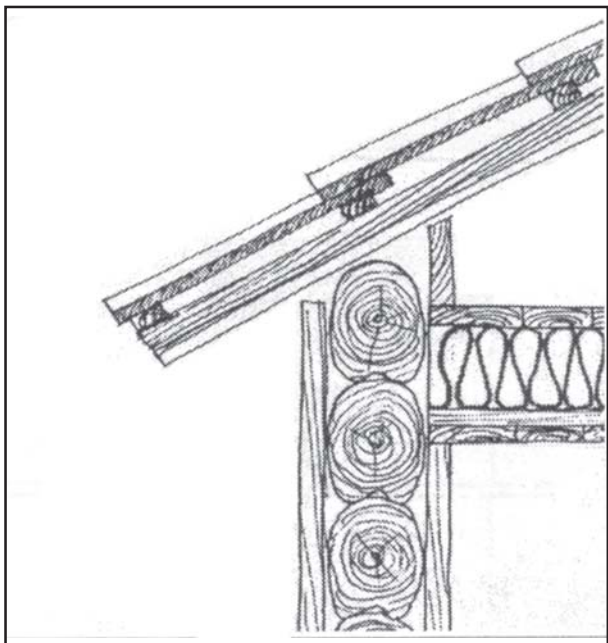
Et bedre tiltak vil derfor være å fjerne leiren i hulrommet og erstatte den med mineralull. Det kan også blåses inn mineralull i hulrommet uten å fjerne leiren. Denne løsningen fører ikke til synlige inngrep i bygningen, og arealet på loftet er fremdeles nyttbart. Hvis man får lagt inn 20 - 25 cm isolasjon, vil U-verdien reduseres til omkring 0.16 W/(m²K). Infiltrasjonen reduseres også noe, vi har anslått en reduksjon fra 1.3 til 1.2 luftvekslinger/time.



Bjelkelaget før utbedring. (Illustrasjon: D. Oliveira)

Et eksempel:

Årlig energibehov til oppvarming reduseres fra 63.900 kWh til 58.800 kWh. Man sparer 5100 kWh/år, noe som gir en årlig reduksjon av energikostnadene med 3060 kroner (med en energipris på 60 øre/kWh). Tiltaket krever en investering på ca. 12.000 kr (hvis man gjør arbeidet selv), og er dermed tilbakebetalt på ca. 4 år.



Isolasjon i bjelkelaget. Det er ikke gjort synlige inngrep og loftet kan brukes som før. (Illustrasjon: D. Oliveira)

Tiltak nr. 3: Isolasjon av golv mot kald kjeller

Bjelkelaget mot kjelleren har 5 cm leirefyll på stubbeloft med en U-verdi på ca. 1.0 W/(m²K). Bjelkelaget kan i prinsippet tilleggisoleres på 3 ulike måter:

Et alternativ er å isolere på undersiden av bjelkelaget. Dersom det ikke er spesielt interessante rom i kjelleren, er denne løsningen uproblematisk med hensyn til verneverdi. Men energigevinsten er usikker da det kan forekomme trekk i hulrommet over leirelaget.

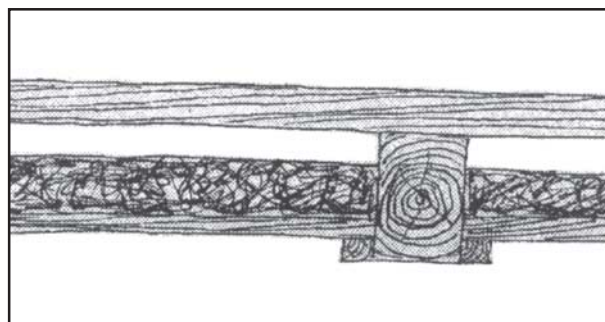
Et annet alternativ er å legge nytt golv med isolasjon over bjelkelaget. Denne løsningen er imidlertid problematisk både med hensyn til eldre golvflater og for tilpasning av listverk, dører mv., og anbefales ikke.

Den beste løsningen vil være å isolere mellom bjelkene. Leirfyllet fjernes og erstattes med mineralull. Leiren kan fjernes enten med handmakt eller den kan suges ut. Mineralullen kan blåses inn, eller golvet eller stubbloft/himling kan fjernes for å legge inn isolasjonsmatter. Hulrommet bør fylles helt med isolasjon. Løsningen gir ingen høydereduksjon i kjeller. Denne løsningen fører ikke til synlige inngrep i bygningen, og arealet på loftet er fremdeles nyttbart. Hvis man får lagt inn ca. 20 cm isolasjon, vil U-verdien reduseres til omkring 0.21 W/(m²K). Infiltrasjonen reduseres fra 1.2 luftvekslinger/time til 1.1 luftvekslinger/time.

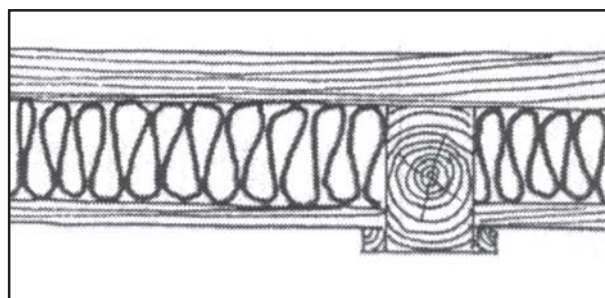
Årlig behov for oppvarming reduseres fra 58.800 kWh til 46.400 kWh. Man sparer 12.100 kWh/år eller 7260 kroner/år (med en energipris på 60 øre/kWh). Tiltaket krever en investering på ca. 15.000 kr (hvis man gjør arbeidet selv), og er dermed tilbakebetalt på 2 år.

Alternativt kan stubbeloftsleira beholdes og hulrommet over fylles med mineralull. Dette gir en noe lavere energigevinst, men er enklere å utføre.

Vær oppmerksom på at etterisolering av golv mot kjeller vil gi lavere temperatur i kjelleren, noe som kan føre til fuktproblemer her hvis man ikke sørger for god ventilasjon.



Bjelkelaget før isolering(over) og etter isolering (under). (Illustrasjon: D. Oliveira)

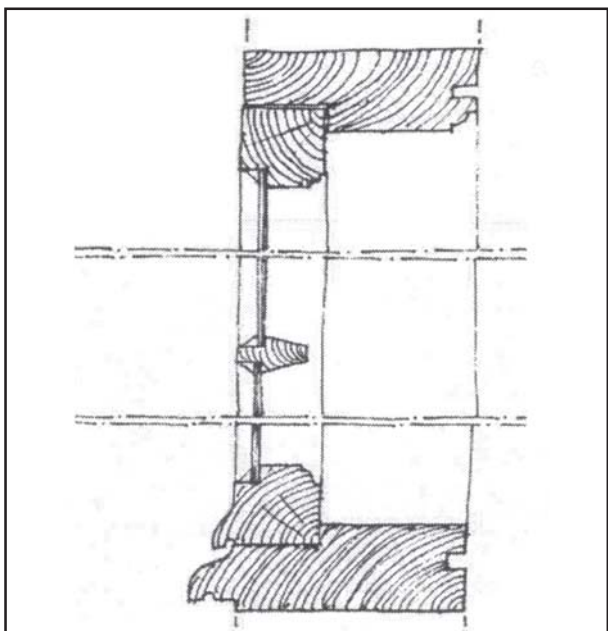


Et eksempel:

Tiltak nr. 4a: Montering av varevinduer med 1 lag glass og LE-belegg

Bygningen har enkle toramsvinduer med tre ruter i hver ramme. Karm og profilert midtpost i vinduene mot gaten kan være originale, mens rammene og enkelte vinduer mot gården er yngre, men tildels av betydelig alder. De gamle vinduene er sjeldne og av stor historisk verdi for verneområdet. Vi anbefaler derfor å beholde de gamle vinduene, og supplere dem med varevinduer med LE-belegg, som det er plass for i karmen. LE-belegg (lavemisjonsbelegg) er usynlig og derfor godt egnet i forbindelse med eldre vinduer. Det gir også større energibesparing, bedre komfort og bedre lønnsomhet enn glass uten LE-belegg. Varevinduer med 1 lags glass og belegg vil redusere den totale U-verdien for vinduene fra 4,7 til 1,7 W/(m²K). I tillegg vil det redusere infiltrasjonen fra 1.1 til 1.0 luftvekslinger per time.

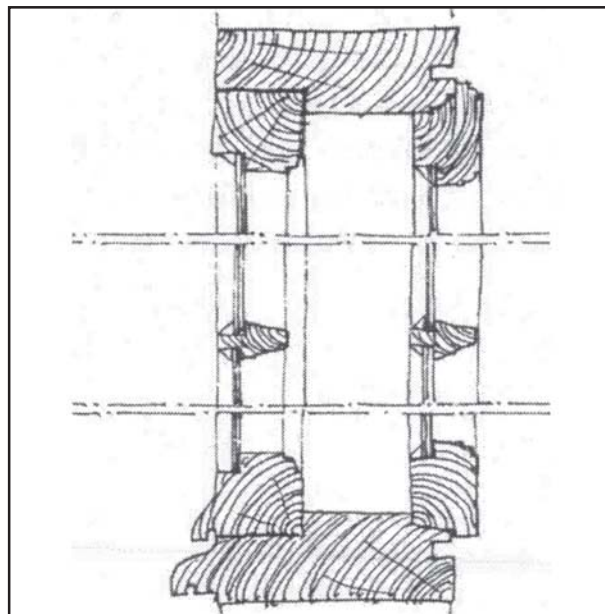
Årlig behov for oppvarming reduseres fra 46.400 kWh til 30.600 kWh. Man sparer 15.800 kWh/år, noe som gir en årlig reduksjon av energikostnadene med 9480 kroner (med en energipris på 60 øre/kWh).



De gamle vinduene før utbedring. (Illustrasjon: D. Oliveira)

Priser på varevinduer varierer mye avhengig av bl.a. rammetype, størrelse på vinduer og leveranser. Ettersom disse vinduene må tilpasses de eksisterende vinduene er prisen høy i forhold til masseproduserte standardvinduer. For vårt eksempel regner vi med en total kostnad på 2200 kr/m² for varevinduer med 4 mm glass og LE-belegg. Dette inkluderer montasje, maling, tettelister og hengsler.

Total investering for å installere varevinduer i alle vinduer kommer da på 88.000 kroner. Ser man bort fra kapitalkostnader er tiltaket tilbakebetalt på ca 9 år.



Gammelt vindu med varevindu på innsiden. (Illustrasjon: D. Oliveira)

Tiltak nr. 5: Installasjon av styringssystem på panelovner.

Vi har beregnet gevinsten av nattsenkning av temperaturen, et tiltak som ikke medfører inngrep og som derfor er spesielt aktuelt for verneverdige bygninger.

I våre beregninger senkes temperaturen fra 20 til 16 grader mellom kl 23.00 og 06:00. Energibehovet til oppvarming reduseres fra 30.600 kWh til 26.800 kWh. Man sparer 3800 kWh/år, noe som gir en årlig reduksjon av energikostnadene med 2280 kroner (med en energipris på 60 øre/kWh). Ytterligere energireduksjon kan oppnås hvis temperaturen også senkes på dagtid hvis huset står tomt. Dette gir en årlig reduksjon av energikostnadene med 2280 kroner (med en energipris på 60 øre/kWh).

Huset har gamle panelovner som må byttes ut med nye ovner med mottak for varmestyring. Dette koster ca. 15.000 kr. inkludert arbeid og varmestyringssentral. Tiltaket er tilbakebetalt på 6-7 år.

Ytterligere energireduksjon kan oppnås hvis temperaturen også senkes på dagtid hvis huset står tomt. Effekten av temperatursenkning vil være større hvis tiltakene i punkt 1-4 ikke er gjennomført.

Referanser /Anbefalt litteratur

Litteratur:

Brønne, Drange, Aanensen;1992: Gamle trehus. Historikk, reparasjon og vedlikehold.
 Frøstrup, Anders; 1993: Rehabilitering. Konstruksjoner i tre.
 NBI-prosjektrapport 181;1996: Rehabilitering av gamle bygårder.
 NBI-blad 700.601: Rehabilitering av gamle bygårder.
 NBI-blad 723.308: Eldre yttervegger av mur og betong. Metoder og materialer.
 Oslo kommune - Byantikvarens informasjonsark 5; 2001: Oppussing og vedlikehold av eldre pussede murfasader.
 SINTEF - Grytli, Eir og Støa, Eli; 1998: Fra årestue til smarthus.
 A. Bugge; 1918: Husbygningsslære.
 NBI-blad 720.035: Måling av bygningers lufttetthet. Trykkmetoden.
 Fortidsminneforeningen/Huseiernes landsforbund - Veiledningshefte; 2002: Gode råd om eldre hus.
 NBI-blad 720.012: U-verdier for eldre konstruksjoner før og etter isolering.
 NBI-blad 723.511: Etterisolering av trevegger.
 NBI-blad 725.403: Etterisolering av tretak.
 NBI-blad 722.506: Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom.
 NBI-blad 723.312: Etterisolering av betong- og murvegger.
 NBI-blad 723.105: Boligblokker. Modernisering og utbedring av fasader.
 NBI-blad 733.161: Eldre vinduer. Vindusformer og materialer.
 NBI-blad 733.162: Utbedring og reparasjon av eldre vinduer.
 NBI - Fossdal, Sverre;1996: Vinduer i eksisterende bygninger.
 Fredlund, Bertil; 1999: Lågemissionsglas och renovering förbättrar äldre fönsters värmeisolering, rapport TABK-99/3055
 Mursenteret; 1998: Murkatalogen.
 Hanssen, Thue, Skarstein, Gjerstad, Novakovic; 1996: Enøk i bygninger - effektiv energibruk.

Web-ressurser:

Riksantikvaren: www.riksantikvaren.no
 Fortidsminneforeningen: www.fortidsminneforeningen.no
 Byantikvaren i Oslo: www.byantikvaren.oslo.kommune.no/
 Husbanken: www.husbanken.no
 ENOVA: www.enova.no
 NBI - Byggforsk: www.byggforsk.no
 SINTEF: www.sintef.no
 Kulturvernkontorene i fylkeskommunen: se din lokale fylkeskommunes/kommunes nettsider
 Enøk-sentrene i Norge: www.enok.no
 Norsk VVS Energi- og miljøteknisk forening: www.vvs-foreningen.no
 Norsk solenergiforening: www.solenergi.no
 Norsk varmepumpeforening: www.novap.no
 Opplysningskontoret for fleksibel romoppvarming: www.varmeinfo.no
 Norsk bioenergiforening: www.nobio.no
 Norsk varmeteknisk forening: www.nvf.no
 Norsk petroleumsinstitutt: www.np.no
 Foreningen for el- og it-bedriftene: www.nelfo.no
 Mycoteam: www.mycoteam.no