

Rapport

Energieffektivisering i eksisterende bygninger

Energisparingens konsekvenser på kulturhistorisk verdifulle bygg

Forfatter(e)

Annæ Svensson, SINTEF Byggforsk
Annika Haugen, Norsk institutt for Kulturminneforskning
Thale Eng Kalbakk, SINTEF Byggforsk
Johan Gåsbæk, SINTEF Byggforsk



Rapport

Energieffektivisering i eksisterende bygninger

Energisparingens konsekvenser

EMNEORD:

Kulturhistorisk verdi, energibesparelse, tiltak, tetting, etterisolering

VERSJON

3

DATO

16.01.12

FORFATTER(E)

Anna Svensson, SINTEF Byggforsk
Annika Haugen, Norsk institutt for Kulturminneforskning
Thale Eng Kalbakk, SINTEF Byggforsk
Johan Gåsbak, SINTEF Byggforsk

OPPDRAGSGIVER(E)

Riksantikvaren

OPPDRAGSGIVERS REF.

Marte Boro

PROSJEKTNR

3B059201

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

49

UTARBEIDET AV

Anna Svensson

KONTROLLERT AV

Sverre Holøs

GODKJENT AV

Kristin Holthe

RAPPORTNR

SBF2011F0105

ISBN

GRADERING

Åpen

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR



GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Sammendrag

Lite gjennomtenkte energieffektiviseringstiltak i eldre bygninger kan i mange tilfeller resultere i byggskader eller store tap av kulturhistoriske verdier. Denne rapporten har som mål å se på effekten av energisparing i eksisterende bygninger med kulturhistoriske verdier samt foreslå bærekraftige råd og løsninger til hvordan en skånsom energieffektivisering kan utføres. Det er blitt sett på fire bygningstyper fra sluttet av 1800- og begynnelsen av 1900-tallet; en murgård, et laftet hus, et reisverkshus og et tungt bindingsverkshus.

Tiltak for å spare energi til oppvarming må sees i sammenheng med flere forhold, slik vedlikehold og behov/ønske om rehabilitering, ønske om bedre komfort inne samt bygningens kulturhistoriske verdier. Før omfattende energisparetiltak gjennomføres på en bygning bør det utføres en grundig tilstandsvurdering av det enkelte huset og en nøye vurdering av hvilke tiltak man kan gjennomføre uten å skade bygningen. Man bør også lokalisere varmetapene i bygningen siden disse påvirker mulighetene for forbedringer av det totale varmetapet ved tiltakene.

Rekkefølgen på tiltak bør bestemmes av hva som er mest skånsomt for bygningen og hva som gir best effekt. Noen tiltak, som gode brukervaner og temperaturstyring, er det fornuftig å gjennomføre for alle boliger som første tiltak, slik det gir stor energibesparing og risikoen for skader eller reduksjon i kulturhistorisk verdi er liten. Å lokalisere og tette luftlekkasjer er også et tiltak som kan utføres på de fleste bygninger og som kan gi stor energibesparing samt forbedre den termiske komforten. Den naturlige ventilasjonen i en bygning kan bli påvirket av tettingstiltak og redusere luftskiftet i en bolig, som igjen kan resultere i dårlig luftkvalitet og fuktproblemer. Mange tilfeller bør man etter tetting montere ekstra veggventiler eller oppgradere ventilasjonen på annen måte, slik man sørger for god nok luftskifte i boligen. Hvis slike tiltak må til kan disse sekundære effektene av energitiltaket påvirke de kulturhistoriske verdiene. Tetting er videre viktig ved alle typer av etterisoleringstiltak da det kan ha vesentlig påvirkning på tiltakets effekt.

Etterisolering av trehus er gjennomgående enklere å vurdere fuktteknisk, enn murhus, særlig ved innvendig isolering. Ved etterisolering av gamle bygårder vil det i de fleste tilfellene gi økt risiko for fuktskader, da innmurte bjelkeender i kjellerbjelkelag og loftsbjelkelag er utsatt for råte.

Ved etterisolering er tiltak på etasjeskiller mot loft og kjeller særlig attraktive tiltak fordi de ikke medfører problemer med at de utvendige eller kulturhistoriske verdier berøres. Å etterisolere på den kalde siden av bygningsdelen er alltid å foretrekke hvis det er mulig, innvendige alternativer finnes også, men bør ikke benyttes uten grundig vurdering. Hvis mulighet for etterisolering av yttervegg kan utføres uten tap av store kulturhistoriske verdier bør dette utføres.

Når det gjelder vinduer kan nye varevinduer sammen med tetting være nesten like god løsning som å skifte vinduer.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	1
Innholdsfortegnelse.....	3
1 Innledning.....	6
2 Bygningers kulturhistoriske verdi.....	7
3 Bygningsbeskrivelser.....	8
3.1 Murgårder.....	8
3.2 Trehus.....	9
3.2.1 Låftet trehus.....	9
3.2.2 Reisverkshus.....	9
3.2.3 Tungt bindingsverkshus.....	10
4 Energiltak og konsekvensene av dem.....	11
4.1 Temperaturstyring.....	11
4.2 Tetting og ventilasjon.....	11
4.2.1 Tetting rundt vinduer.....	12
4.2.2 Tetting av etasjeskiller.....	12
4.2.3 Ventilasjon.....	13
4.3 Etterisolering: Gulv.....	14
4.3.1 Utvendig (kald side).....	14
4.3.2 Hulrom i gulv (mellom bjelkene).....	14
4.3.3 Innvendig (varm side/inne i leiligheten over).....	14
4.4 Etterisolering: Etasjeskiller mot kaldt loft.....	15
4.4.1 Utvendig (på kald side av etasjeskiller mot loft).....	15
4.4.2 Hulrom i tak.....	15
4.4.3 Innvendig (på varm side av etasjeskiller).....	15
4.5 Etterisolering av murgårdsvegger.....	16
4.5.1 Utvendig.....	16
4.5.2 Utvendig under bakkenivå.....	16
4.5.3 Innvendig.....	16
4.5.4 Innvendig under bakkenivå.....	17
4.6 Trehus.....	17
4.7 Etterisolering av låftete vegger.....	17
4.7.1 Utvendig.....	17
4.7.2 Utvendig under bakkenivå.....	18
4.7.3 Innvendig.....	18
4.7.4 Innvendig under bakkenivå.....	18
4.8 Etterisolering av reisverksvegger.....	19
4.8.1 Utvendig.....	19

4.8.2	Utvendig under bakkenivå.....	19
4.8.3	Hulromsisolasjon.....	19
4.8.4	Innvendig.....	20
4.8.5	Innvendig under bakkenivå.....	20
4.9	Etterisolering av tunge bindingsverksvegger.....	21
4.9.1	Utvendig.....	21
4.9.2	Utvendig under bakkenivå.....	21
4.9.3	Hulromsisolasjon.....	21
4.9.4	Innvendig.....	22
4.9.5	Innvendig under bakkenivå.....	22
4.10	Tiltak på vinduer.....	23
4.10.1	Skifte værevindu eller glass i koblet vindu.....	23
4.10.2	Skifte hele vinduet.....	23
5	Energieffektivisering i eksempelbygg.....	24
5.1	Murgård fra 1890-tallet.....	24
5.1.1	Bygningsbeskrivelse.....	24
5.1.2	Kulturhistoriske verdier.....	24
5.1.3	Varmetap og energibesparing.....	25
5.1.4	Resultater av tiltak på en murgård.....	25
5.2	Løftet hus før 1900.....	29
5.2.1	Bygningsbeskrivelse.....	29
5.2.2	Kulturhistoriske verdier.....	29
5.2.3	<i>Varmetap og energibesparing</i>	30
5.2.4	Resultater av tiltak på et løftet hus.....	30
5.3	Reisverkshus fra 1930-tallet.....	34
5.3.1	Bygningsbeskrivelse.....	34
5.3.2	Kulturhistoriske verdier.....	1
5.3.3	<i>Varmetap og energibesparing</i>	2
5.3.4	Resultater av tiltak på et reisverkshus.....	2
5.5	Tungt bindingsverkshus fra 1930-tallet.....	5
5.5.1	Bygningsbeskrivelse.....	5
5.5.2	Kulturhistoriske verdier.....	5
5.5.3	Varmetap og energibesparing.....	2
5.5.4	Resultater av tiltak på et bindingsverkshus.....	2
6	Konklusjoner.....	6
7	Litteraturliste.....	8
8	Figurer.....	9

1 Innledning

Tydeligere og strengere krav til energieffektivisering i kombinasjon med høyere energipriser ligger til grunn for en økt interesse for energisparing innenfor bygningsforvaltning. Riksantikvaren mener at det er svært viktig at det gjennomføres energieffektiviseringstiltak også på den historiske bebyggelsen for å sikre god standard for brukerne, holde oppe attraktiviteten på bygningene og for å spare energi og redusere klimabelastningen.

For å spare energi blir det ofte gjennomført raske og lite gjennomtenkte tiltak i bygninger. Resultatet kan bli at store kulturhistoriske verdier går tapt, eller at tiltakene medfører endrede bygningsfysiske forhold slik at skader utvikles. For å unngå dette er det nødvendig å etablere kunnskap relatert til hvilke tiltak som kan passe til de ulike bygningstypene, hvilken effekt disse gir, samt unngå økt risiko for fuktskader og tap av kulturhistoriske verdier.

Denne rapporten ser på effekten av energisparing i form av reduksjon av netto energibehov i forhold til risiko for bygningsfysiske skader og reduksjon i kulturhistoriske verdier i eldre mur- og trebygninger. Det er utført beregninger på energibesparingstiltak på fire eksempelbygg med stort potensiale for energieffektivisering, samtidig som de kommer i stor konflikt med de kulturhistoriske verdiene.

Dette prosjektet har blitt gjennomført av SINTEF Byggforsk i samarbeid med NIKU på oppdrag fra Riksantikvaren. Prosjektet har hatt en referansegruppe med medlemmer fra Multiconsult, Mycoteam, Byantikvaren i Oslo og Ullensaker kommune som alle har gitt innspill til arbeidet med rapporten.

2 Bygningers kulturhistoriske verdi

Eldre arkitektur og byggeskikk har tidstypiske trekk, fra middelalderen til historismen. Bygninger fra disse periodene i vårt land er sjeldne og har meget høy kulturhistorisk verdi. Det innebærer at inngrep i originaldeler i størst mulig grad må unngås, og dersom det er nødvendig med inngrep er det viktig at de er reversible.

Bygninger oppført fra siste halvdel av 1800-talet er ikke så sjeldne, men alle har sine særtrekk som kan gjøre dem verdifulle og bevaringsverdige. Alle bygninger som representerer en periodes byggeskikk har en bygningshistorisk verdi eller en arkitekturhistorisk verdi, spesielt hvis mange originaldeler eller andre historiefortellende bygningsdeler er bevart. Hvis de representerer en type samfunnsforhold kan de ha en sosialhistorisk verdi. I tillegg til de nevnte formene av verdier kan en bygning ha rent arkitektonisk verdi, en identitetsskapende eller symbolsk verdi, som kan gjøre at bevaringsverdien er høy.

Sjeldne bevarte eksempler på bygninger har ofte en høyere kulturhistorisk verdi enn bygninger som det finnes mange av. En bygning som er bevart helt ned til minste originaldel har en større verdi enn en bygning der en eller mange bygningsdeler er blitt skiftet ut. Av og til kan også en bygnings historikk gjennom flere reparasjons- og ombyggingsarbeider vise en utvikling over tid som gir en kulturhistorisk verdi. Hvis en bygning er en viktig del av et større bymiljø kan den ha en høy verdi av den grunn.

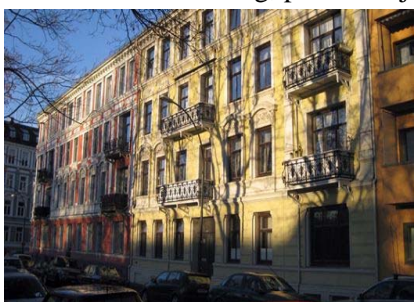
En bygning kan også ha en historisk verdi hvis den i sin originalkonstruksjon er stabil og beskytter godt mot forskjellige værforhold. Selve materialene i kombinasjon med konstruksjonen har også en verdi i form av sin egen autenticitet. Ved å fjerne eller skifte ut materialer kan bygningens tekniske verdi reduseres og autenticitet tapes. Hvis mulig bør alltid original- og historiefortellende konstruksjoner og -materialer bevares, og man bør også være oppmerksom på at kombinasjoner med nyere bygningsmaterialer kan bidra til skadeutvikling i originalmaterialene.

3 Bygningsbeskrivelser

Det ble valgt ut fire bygningstyper til nærmere vurdering i dette prosjektet; murgård, laftet hus, reisverkshus og tungt bindingsverkshus, samtlige fra slutten av 1800-tallet eller begynnelsen av 1900-tallet. Typene er valgt ut på bakgrunn av at de representerer relativt mange bygg som både har et stort energisparepotensiale og tydelige kulturhistoriske verdier.

3.1 Murgårder

Murgårder fra slutten av 1800-tallet har fasader med sin spesielle karakteristikk i form av f. eks. puss, ornamentikk og utsmykking, ibland med partier av ren naturstein. Murgårder fra 1880-tallet har en klassisistisk utforming, pussen er jevn og de to nederste etasjene er ofte steinimiterte. De har markerte vindusomfatninger og gesimser mellom etasjene. På 1890-tallet fikk fasadene ofte fremhevede hjørner og gavler. Både naturstein, tegl og puss er brukt i disse fasadene. Murgårder fra de første tiår av 1900-tallet preges av jugendstilen med fasader dekorert med ornamenten, vekster og bølgende linjer. Jevn, fin puss er brukt på fasadene til disse bygningene. På 1910-tallet ble fasadene mer "lukket" og mer naturstein og tegl ble brukt. Murgårder fra 1920-tallet og videre fremover har lite dekor og pynt, og er mer enkelt klassisistiske. Vinduene ble utformet noe forskjellig i de ulike periodene (Björk et al., 2003).



Figur 1 Fireetasjes murgård i Oslo (Foto: byggogbevar.no)



Figur 2 Vindusomfatning på murgård (Foto: NIKU)

Typisk for den eldste typen av murgårder, fra 1880-90-årene, er vinduer som er både helt rektangulære og hvelvet. Ofte finnes begge typene på samme murgård. Vinduene er gjerne delt i tre eller fire deler, med midt- og tverrposter. På begynnelsen av 1900-tallet førte jugendstilen og nationalromantikken med seg vinduer helt eller delvis inndelt i mange, mindre glassflater. I klassisismen i årene deretter ble vinduene to eller trefagte med tre like store glass i hver ramme. Bevaringsverdig interiør eller dekor innvendig kan for eksempel være paneler, himling, karmen, listverk, trapper og dører. Også overflatebehandlingen kan være intakt og bevaringsverdig, ofte vil de originale malingslagene være gjemt under senere lag.

Murgårder fra slutten av 1800-tallet og begynnelsen av 1900-tallet er ofte 3-4 etasjes bygninger med yttervegger og bærende innervegger av pusset eller upusset tegl. Veggene ble murt massivt fram til rundt 1890, da veggene etterhvert også ble oppført med hulmur. I visse deler av landet påvirket klimaet populariteten av den senere, da hulmursvegger har større bestandighet mot slagregn og reduserer dermed påfølgende risiko for frostskafer. Frostbestandigheten i teglet er kraftig avhengig av hvilken type av brenning den har, men også pussens påvirkelse ulike beroende på type (Byggforvaltning 723.308).

Taket er ofte en såkalt svensk takstol over kaldt loft, der takavslutningen ved gesimsen består av utkraget tegl som hviler på en innmurt konsoll. Under takfoten er det ofte ornamenten av pusset tegl eller gips. Det kalde loftet blir ofte brukt som lagerrom med boder o.l., men utbygging til leiligheter er foretatt i stort omfang fra 1980-tallet.

Etasjeskillene består som regel av trebjelkelag lagt på utsparinger i murverket, stubbeloftskonstruksjon med leirfylling, himling og gulvbord. De fleste murgårder har latent hussopp, der bjelkelagsopplag er spesielt utsatt, grunnet fuktinntrengning. Luftlekkasjene i bygningen kommer hovedsakelig fra vindu og fra interne luftlekkasjer mellom etasjene langs yttervegg (Bøhlerengen et al., 1995).

3.2 Trehus

Trehuskonstruksjoner har blitt utviklet gjennom mange hundre år i vårt land. De laftede bygningene har sin opprinnelse i middelalderen, mens reisverks- og bindingsverkskonstruksjoner kom langt senere, på 1700- og spesielt frem mot sent 1800-tall.



Figur 3 Trehus med kraftig takutstikk (t.v), laftet hus uten kledning samt trehus med karakteristisk fargesetting i bymiljø (t.h) (Foto: NIKU)

Trebygninger oppført i annen halvdel av 1800-talet i sveitserstil, dragestil og jugendstil har sine særtrekk. Bygninger i sveitserstil har store takutstikk, utskårne bjelker og treutskjæringer. Vinduene har ofte krysspott og farget og mønstret glass i glassverandaer og dører. Bygninger i dragestil har også store takutstikk og norrøne motiver i dekorasjoner. Fasadene i jugendhus har typiske karnapp- og balkongutbygg. Bygninger fra begynnelsen av 1900-tallet kjennetegnes av fasader med kraftig detaljering og panel, brede hjørnekasser og vindskier samt rik utforming av dørportaler. Vinduene er ofte smårutete. Innvendig er det vanlig at trehusene har verdifull original malt panel / tapeter og evt. brystning. Etasjeskiller mot kjeller og loft er i likhet med murgårder konstruert med bjelker og gulvbord respektive himling med stubbeløftsfill. Frem til 20-30-tallet hadde vinduene enkeltglass, men disse er oftest supplert med varevinduer.

3.2.1 Laftet trehus

De eldste spor i Norge av laftede bygninger er fra vikingtiden, men det var først i middelalderen at teknikken slo an for alvor. Et laftet tømmerhus har takbærende vegger av horisontale stokker som er hugget sammen i hjørnene. Dette er en materialkrevende konstruksjon, med den store fordel at tømmeret isolerer godt. Husene har ofte innvendig og utvendig kledning. Bak kledningen er det ofte tettet med avisepapir, men også kalkpuss og leire har blitt brukt. Mose ble ofte brukt som tettingsmateriale for punktlekkasjer.

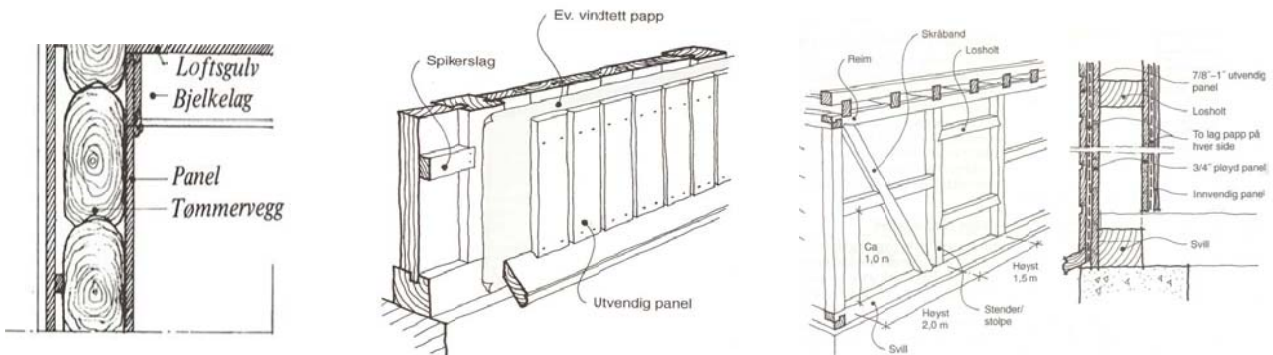
Til taket ble det brukt tunge materialer som torv, skifer, tre og teglstein, for å sikre at laftestokkene presses sammen og reduserer eventuelle utettheter mellom stokkene, dog kan tømmeret henge seg opp på vertikale bygningsdeler som trapper, skorsteiner eller panel som er blitt påført før tidlig (Drange et al., 2003)(2005).

3.2.2 Reisverkshus

Bygninger med reisverkskonstruksjon kjennes fra slutten av 1700-tallet, men ble ikke vanlig før på 1800-tallet. Prinsippet for konstruksjonen er en bærende rammekonstruksjon og et reisverk av stolper og sviller. Innimellom stolpene og svillene har man satt inn veggplanker som utfylling. Reisverksveggene avløste omkring år 1900 lafteveggene i stor grad, grunnet materialbesparing og reduksjonen av krymping, siden tre krymper betydelig mindre i lengderetningen. I forhold til laftehuskonstruksjoner øker dog utettheten ved krymping i reisverkshus, men også kvaliteten og vridning av plankene har mye å si for luftlekkasjene (Grytli, 2004). For å redusere luftlekkasjene ble det mer vanlig å legge inn et eller to lags papp på innvendig og utvendig side av reisverksveggen. Typen av papp varierer med alder på bygningen, og kan bestå av fra avisepapir, ullpapp til uimpregnert cellulosepapp (Byggforvaltning 723.305). Utvendig er det blitt montert et lag kledning, med et hulrom på 1,5-3" mellom kledningen og den utvendige pappen.

3.2.3 Tungt bindingsverkshus

En bindingsverkskonstruksjon har en ramme av stolper, sviller, losholter og skråbånd. Mellom bindingsverket, i fagene, er det brukt forskjellige materialer som utfylling og/eller kledning på én eller begge sider. Utfyllingen kan bestå av tegl eller isolasjonsmaterialer, men er oftest åpen. Fra 1900-tallet ble det arbeidet med å utvikle bindingsverket som byggesystem, der flere typer var mer materialsparende enn reisverk. Fra 1920-tallet begynte man å bygge bolighus med vegger av bindingsverk uten utmuring. Det ble da eksperimentert med forskjellige typer av isolasjonsmaterialer i det ca 100mm hulrommet. De aktuelle isolasjonsmaterialene var f. eks sagmugg og kutterflis som hadde ulempen å synke sammen med tiden. Så som i reisverkshus begynte man å anvende forhudningspapp for å tette huset. Også reflekspapp med aluminiumbelegg på en side ble brukt for å reflektere varmen og redusere varmetapet (Grytli, 2004).



Figur 4. Oppbygging av reisverksvegg. (Frøstrup: Rehabiliteringskonstruksjoner i tre)

4 Energiltak og konsekvensene av dem

Hus er ulike både teknisk, arkitektonisk og bruksmessig. Før omfattende tiltak gjennomføres på en bygning bør det utføres en tilstandsvurdering av det enkelte huset. Tilstandsvurdering skal inkludere en vurdering av skader og en analyse av risiko for utvikling av skader og reduksjon av kulturhistoriske verdier. Videre er kvaliteten på konstruksjonen avgjørende for hvilke tiltak man kan gjøre uten å skade bygningskroppen. En tilstandsvurdering bør utføres av fagmann iht NS3424. Det finnes også mer informasjon om tilstandsvurdering i Byggforvaltning gruppe 700.305.

Før tiltak utføres er det også viktig å lokalisere de største varmetapene. Varmetapet i hvert enkelte bygningsdel påvirker muligheten for forbedringer av det totale varmetapet ved tiltak. Et ambisiøst tiltak på en bygningsdel kan kun redusere tapet på akkurat den bygningsdelen og trenger dermed ikke å medføre en vesentlig forbedring av det totale varmetapet for bygningen. Med hjelp av tegninger og teknisk beskrivelse kan isolasjonsstandarden i bygningsdelene beregnes teoretisk (Se Byggdetaljer 471.0 om U-verdier).

Rekkefølgen for tiltak bør bestemmes av hva som er mest skånsomt for bygningen og hva som gir best effekt. Valg av tiltak iht. energibruk bør dermed utføres i tre trinn:

- Brukerendring og temperaturstyring, som eksempelvis nattsinking av temperaturen.
- Enkle reversible tiltak, som tetting av luftlekkasjer
- Kompliserte reversible eller ikke reversible tiltak, som etterisolering av bygningsdeler.

Rekkefølgen på tiltakene er også avhengig av bygningens tilstand. Ved behov for større vedlikehold bør dette kombineres med større rehabiliteringstiltak.

De opplistede tiltakene i kommende kapittel går kun på tiltak som påvirker varmetapet i en bygning og går dermed ikke inn på påvirkning av valg av energisystem eller liknende. Kostnadene av tiltakene er heller ikke blitt vurdert.

Referanser til anvisninger i Byggforskserien er også tilgjengelige i teksten for mulighet til mer informasjon om tiltakene.

4.1 Temperaturstyring

Energibehovet i et hus er avhengig av differensen mellom inne- og utetemperaturen. Ved å redusere den gjennomsnittlige innetemperaturen uten at det går på bekostning av termisk komfort, kan man redusere energibehovet. En dårlig isolert bolig vil få bedre effekt av et forbedret styringssystem på varmeanlegget enn en bra isolert. Et varmeanlegg som har natt og dagsinking innebærer at man reduserer innetemperaturen i de periodene når det ikke er behov for oppholdstemperatur på rommene. Som en tommelfingerregel sier man at energibehovet øker med rundt 5 % for hver grad innetemperaturen øker (Byggforvaltning 701.266).

4.2 Tetting og ventilasjon

Med luftlekkasje menes infiltrasjon av luft gjennom bygningskonstruksjonen. I eldre bygninger varierer luftlekkasjene kraftig og kan ha stor betydning på bygningens varmetap.

Ved alle typer av energisparingstiltak i slike bygninger er det dermed viktig å ha fokus på å tette og eliminere utettheter. Store lekkasjer med høy lufthastighet oppleves som trekk, og er den vanligste grunnen til klager på termisk komfort i bygninger, dermed kan også den termiske komforten forbedres gjennom tetting.

Trekkproblemer er vanligvis knyttet til overganger mellom vegg og andre bygningsdeler som ved grunnmur, vinduer, dører og i etasjeskillere, men lekkasjer forekommer også mellom ramme og karm i vinduer og dører, ved utsparring for pipe, loftsluke og andre gjennomføringer. Problemer med luftlekkasjer gjennom

veggkonstruksjonen kan også forekomme, spesielt på reisverkshus eller ved vegger med mangelfull vindsperre.

Tetting forbedrer ikke kun lufttettheten i en bygning, men:

- hindrer også kald luft fra å trenge inn i isolasjonen og redusere isolasjonsevne
- hindrer at vanddamp og fuktig inneluft trenger inn i etasjeskillere mot et kaldt loft
- sikrer at støv og partikler fra isolasjonsmateriale ikke faller ned i oppholdssonen
- forbedrer den termiske komforten
- sikrer god lydisolering

Det er helt avgjørende å kartlegge lekkasjene i en bygning før man eventuelt bestemmer seg for tiltak. Måter å finne de store luftlekkasjene er å føre en røykampulle eller myggspiral langs ovennevnte overganger. Røykens strømming indikerer eventuelt trekk. Stearinlys kan også brukes, der flammens bevegelser kan vise eventuell trekk, men slik bruk av stearinlys medfører brannrisiko og krever ekstra oppmerksomhet. Termografering med et termografikamera kan også anvendes for å finne luftlekkasjer. Med denne metode, der temperaturdifferensen på overflater vises på bildet kan også skjulte lekkasjer inne i bygningsdelene oppdages. Trykkmåling er en metode for å få ut det totale lekkasjetallet for en bygning eller boenhet og utføres av fagfolk. I dagens forskrift for nye bygninger stilles krav på lufttetthet, noe som har ført til mer dokumentasjon og kunnskap om luftlekkasjer. Når det gjelder eldre bygninger er det utført begrenset antall målinger og forskjellene mellom enkelt bygninger er store.

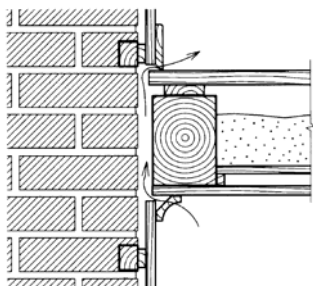
De fleste eldre bygninger har naturlig ventilasjon, der luftskiftet ikke kan styres. De drivende kreftene i avtrekksystemet er vind og inneluftens termiske oppdrift, som varierer over året. Friskluft blir tilført gjennom ventiler og utettheter i bygningskonstruksjonen, som da kan reduseres ved tetting (Byggdetaljer 552.301). En tilstandsvurdering av ventilasjonsgraden og luftlekkasjene i bygningen bør utføres for å forsikre at tilstrekkelig luftskifte tilfredsstilles. Teknisk forskrift for nye bygninger stiller et krav på en friskluftstilførsel på minimum $1,2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ i rom for varig opphold. Hvis huset blir altfor tett, og tiltak for å kompensere dette med ventiler eller mekanisk avtrekk ikke blir utført, kan det påvirke innemiljøet negativt, med dårlig luftkvalitet og fuktproblemer som konsekvens.

4.2.1 Tetting rundt vinduer

Tetting rundt vinduer innebærer de- og remontering av eksisterende vindusgerikter. Lufttetting mellom ramme og karm bør gjøres med tettelisten der det er mulig, f.eks. på vinduer med koblet ramme. Listene må alltid plasseres i indre anslag og så langt inn mot den varme siden som mulig. Utover reduisering av luftlekkasjer og dess virkning på varmetap og termisk komfort, hindrer også den varme, fuktige innelufta i å trenge ut i mellomrommet mellom glassene og danne kondens (Byggforvaltning 733.162).

4.2.2 Tetting av etasjeskiller

Det enkleste tiltaket ved tetting er å utbedre utette luker mot kaldt loft/kjeller. Neste trinn er å demontere listverk i tak og gulv og tette med dyttestrimmel i overgangen vegg-tak og vegg-gulv, eventuelt med vinkelgummilist mellom gulv og vegg. Eventuelt må man også demontere panel på veggene for å komme til overgangene. Dersom isolasjonen ikke fyller hele hulrommet, kan det bli kalde gulv som følge av luftlekkasjer. Kald luft trenger inn i bjelkelaget over isolasjonen hvis vindsperren i veggen ikke er tett, dette kan føre til kalde gulv uten at lufta nødvendigvis kommer inn i rommet. Selv om man ikke får tettet vindsperren, vil det hjelpe å fylle bjelkelaget nærmest ytterveggen med isolasjon i hele bjelkelagets høyde (Byggforvaltning 722.506).



Figur 5 Luftlekkasjer mellom etasjene i en murgård (Byggforvaltning 700.601)

4.2.3 Ventilasjon

Ettermontering av mekanisk avtrekk, på bad og kjøkken kan anbefales iht å sikre en god ventilasjon av hele boligen, uansett værforhold. I eldre hus med åpne avtrekkskanaler over tak kan man installere et sentralt mekanisk ventilasjonsanlegg. I bygninger der luftskiftet har vært lavt kan dette tiltak innebære et større varmetap fra ventilasjonen, men øker luftkvaliteten og reduserer samtidig risikoen for bygningsfysiske skader grunnet fukt. Man skal her sikre seg om å ha tilstrekkelig friskluftstilførsel gjennom ventiler, slik lufta ikke trekkes fra grunnen.

Installasjon av balansert ventilasjon med varmegjenvinner vil innebære en forbedring av både luftkvaliteten og varmetapet fra ventilasjonen i en bolig, dersom det sammenfaller med tetting av lekkasjer omkring vinduer og etterisolering av vegger. Etablering av inntak og kanalsystem til ventilasjonsanlegget kan dog by på store problemer avhengig av bygningens utforming.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved tetting og ventilasjonstiltak og temperaturstyring

Luftlekkasje fra overganger mellom gulv og yttervegger, gulv og etasjeskiller, samt rundt vinduer eller dører kan ofte tettes uten reduksjon i kulturhistorisk verdi. Tettingen medfører De- og remontering av profiler og listverk, noe som må gjennomføres med stor forsiktighet slik at ikke materialer blir skadet eller går tapt. Veggventiler må plasseres diskret, og slik at originalmateriale i minst mulig grad skades.

Dersom man skal montere ventilasjon med nye kanaler er risikoen stor for at bygningsdeler eller detaljer går tapt. Montering bør gjøres med stor forsiktighet.

Hvis det er risiko for kondensdannelse grunnet for eksempel tettingstiltak, bør man være spesielt oppmerksom på områder med bevaringsverdig interiør, slik at ikke en sekundæreffekt blir en skade på interiøret grunnet en bygningsfysisk skade.

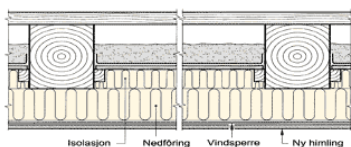
Energieffektiviseringstiltak som tetting, ventilasjon og styring av innetemperaturen medfører forandrede klimaforhold i en bygning. Målet er å spare energi, oppnå komfort og unngå skader. Noen bygninger kan ha interiør eller dekor som kan kreve et spesielt klima. For eksempel bør ikke klimaet rundt et eldre, bemalt treverk være altfor tørt eller altfor skiftende. Spesielt oppmerksom bør man være ved innføring av klimastyring, som for eksempel nattsinking av temperaturen. Dette kan medføre store svingninger i den relative luftfuktigheten i bygningen, hvilket igjen kan gi skader. Man bør også være oppmerksom på at et materiale tilpasser seg det klimaet som det har vært oppbevart i tidligere. En stor forandring kan for eksempel medføre oppsprekking av treverk eller avflassing av maling. Hvis det finnes spesielt bevaringsverdig interiør eller dekor i en bygning der klimaet skal gjennomgå større forandringer, bør en konservator eller annen med tilsvarende spesialkompetanse vurdere skaderisikoen.

4.3 Etterisolering: Gulv

For å beholde samme terminologi som ved vegger har vi valgt å omtale over etasjeskilleren som innsiden, ettersom det blir inne i boenheten, på varm side. Under etasjeskilleren blir omtalt som utsiden, siden det blir på den uoppvarmede siden av gulvet, eller i selve kjelleren. Hulromsisolasjon innebærer å blåse inn isolasjon i rommet mellom himlingen i kjelleren og gulvet i overliggende leilighet. En generell kommentar til isolering av gulv mot kjeller er at det medfører kaldere kjeller og mulige råte og fuktskader på konstruksjonen. Videre kan etterisolering tette bygget og redusere utluftingen av kjeller, med økt risiko for fukt og soppvekst. Ved alle typer tetting og isolering oppstår et behov for å vurdere eventuelle fuktproblemer.

4.3.1 Utvendig (kald side)

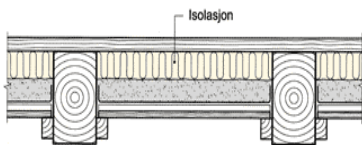
Etterisolering på kald side i kjeller vil ikke nødvendigvis medføre noen sjenanse for beboere, her er det som regel kun boder/vaskekjeller, men takhøyden kan bli lavere. Etterisolering på undersiden av gulv med stubbloftsleire er gunstig der det ikke er montert himling under golvbjlkene og hvor det er lett å komme til under hele gulvet. Plasseringen av stubbloftet og ønsket isolasjonstykkelse avgjør om det er nødvendig med nedføring av himlingen. Med nedføring vil overflatetemperaturen på undersiden av bjelkene bli høyere, og man reduserer faren for fuktskader. En annen fordel er at det blir enklere å bygge inn et vindsperresjikt. For at tiltaket skal ha noen effekt på varmetapet bør eventuelle utettheter og overgangen mellom gulv og yttervegg tettes så man unngår trekk langs gulvet. Dersom ytterveggen er uisolert og utett bør man i tillegg isolere hulrommet over stubbloftet helt ut mot ytterveggene, slik faren for sirkulasjon og gjennomblåsning av kald luft ved utettheter i byggets utvendige sperrsjikt reduseres, se også kapittel om tetting (Se Byggforvaltning 722.506 for detaljer om utførelse).



Figur 6 Eksempel på isolering på undersiden av trebjelkelag utført med ny, nedføret himling. (Byggforvaltning 722.506, figur 413)

4.3.2 Hulrom i gulv (mellom bjelkene)

Etterisolering av hulrom i konstruksjonen er sjelden praktisk eller gir stor effekt dersom hulrommet har mindre tykkelse enn 50 mm. Det blir en stor investering for en relativt liten energibesparelse. Et alternativ er å demontere deler av gulvet eller deler av stubbeloft og suge ut den eksisterende leirfyllingen for å få plass til mer isolasjon og legge inn isolasjonsmatter. En risiko ved dette tiltaket er at det kun blir isolert mellom bjelkene, dermed får bjelkeendene i ytterveggen lavere temperatur som kan medføre kondensdannelse. Fukt ved bjelkeendene kan føre til soppvekst, men også fare for råte så som ekte hussopp. Slik etterisolering krever derfor faglig vurdering av eventuelle konsekvenser. Dette er spesielt viktig i murgårder.



Figur 7 Eksempel på innblåsning av isolasjon i hulrom i etasjeskiller (Byggforvaltning 722.506)

4.3.3 Innvendig (varm side/inne i leiligheten over)

Dette tiltaket kan være aktuelt i forbindelse med andre utbedringer, for eksempel i tilfeller der gulvet skal rettes opp eller forsterkes. Etterisolering på varm side av en konstruksjon innebærer en lavere temperatur i den opprinnelige konstruksjonen med følgende fare for kondensdannelse inne i gulvet som kan medføre fuktskader.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved etterisolering av etasjeskiller mot kjeller

Originale bjelkelag mot kjeller kan eventuelt kompletteres med isolasjon utvendig, det vil si på kald side, eller i hulrom, hvis dette ikke medfører økt risiko for bygningsfysiske skader. En fordel med denne isolasjon er at den senere kan fjernes hvis ønskelig. Gulvbord og gulvlistene kan være av høy kulturhistorisk verdi dersom de er godt bevart, og bør ikke skades eller gå tapt. Av denne grunn frarådes ofte isolering på varm

side. Hvis isolering skal gjennomføres på varm side må bevaringsverdig treverk forsiktig fjernes og monteres etter utført arbeid.

4.4 Etterisolering: Etasjeskiller mot kaldt loft.

Etterisolering vil senke temperaturen på loftet, og faren for kondensdannelse vil stige. For å redusere kondensrisikoen må man sørge for god utlufting. Isolering og lufting kan bidra til mindre snøsmelting og dannelse av istapper. Treverk er et råteutsatt materiale og må aldri stenges inne mellom to damptette sjikt. Videre bør man plassere mest mulig av isolasjonen på utsiden av bærekonstruksjonen for å redusere kuldebroene og redusere faren for kondens- og fuktproblemer (Byggforvaltning 725.403).

4.4.1 Utvendig (på kald side av etasjeskiller mot loft)

Etterisoleringen vil endre temperaturforholdene i taket ved at de delene som blir liggende utenfor isolasjonssjiktet blir kaldere, hvilket øker risikoen for fuktskader. Ved tykkere etterisolering øker temperaturforskjellen mellom varm og kall side. De fleste loftsrom har relativt god utlufting og har sjelden de samme problemer med fukt og råte som kjellerrom har. Ved etterisolering utvendig kan også forandring av himlingen på innsiden unngås.

Spesielt i murgårder bør man være oppmerksom på vanninntrenging gjennom vegg ved bjelkeender, grunnet utforming av takutstikk/vegg og kuldebroeffekten ved bjelkeopplagen. Lufttettheten er her en viktig faktor og en vurdering om himlingen er luft- og damptett nok for å hindre oppfukning ved kondens høyere opp i konstruksjonen bør utføres i hvert enkelt tilfelle (Byggforvaltning 725.403).

Vi anbefaler å kombinere utvendig isolering og hulromsisolering dersom det ikke gjøres spesiell lufttetning langs kantene. Luftlekkasjer under gulvbordene kan redusere effekten av tiltaket markant, se videre kapittel om tetting (Byggforvaltning 725.403).

4.4.2 Hulrom i tak

Etterisolering av hulrom i konstruksjonen er sjelden praktisk eller gir stor effekt dersom hulrommet har mindre tykkelse enn 50 mm. Det blir en stor investering for en relativt liten energibesparelse, ettersom isolasjonstykkelse på mindre enn 50 mm ikke vil ha spesielt stor innvirkning på varmetapet. For å få inn tilstrekkelig med isolasjon i eksisterende hulrom kan man demontere gulvet eller himlingen og suge ut den eksisterende leirfyllingen for så å erstatte den med mineralullplater. Hvis bjelkelaget fylles helt med isolasjon, reduseres faren for sirkulasjon og gjennomblåsing av kald luft pga. utettheter i byggets utvendige sperresjikt, se også kapittel om tetting. (Byggdetaljer 522.355).

4.4.3 Innvendig (på varm side av etasjeskiller)

Dersom man velger å etterisolere etasjeskiller mot kaldt loft innvendig, må man vurdere om kaldere bjelkeender mot yttervegg vil medføre råte, hvilket spesielt er en stor risiko på murgårder.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved etterisolering av etasjeskiller mot kaldt loft

Originale bjelkelag mot loft kan eventuelt kompletteres med isolasjon / tetting utvendig, det vil si på kald side, eller i hulrom, hvis dette ikke medfører økt risiko for bygningsfysiske skader. En fordel med denne isolasjon / tetting er at den senere kan fjernes hvis det er ønskelig. Himling og listverk med eventuelle gipstrekk kan være av høy kulturhistorisk verdi og bør ikke skades eller fjernes, derfor frarådes ofte isolering på innsiden, det vil si fra undersiden. Hvis isolering skal gjennomføres fra undersiden, må bevaringsverdig himling, treverk, gipsrosetter og lignende forsiktig demonteres og så monteres etter utført arbeid. Man bør også være oppmerksom på at kondens- / fukt-skader i treverk grunnet etterisolering kan gi sekundæreffekter i form av at f eks gesimser eller listverk må demonteres for at man skal kunne utbedre skadene.

4.5 Etterisolering av murgårdsvegger

4.5.1 Utvendig

Ved å etterisolere på kald side vil den opprinnelige konstruksjonen bli varmere og redusere risikoen for frostskafer. Generelt om utvendig etterisolering gjelder at man unngår kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger. Til gjengjeld får man større kuldebroeffekt ved vinduskarmene om vinduet ikke flyttes ut. Man bør derfor vurdere å flytte vinduene lenger ut i forbindelse med etterisoleringen, for å beholde det opprinnelige fasadeuttrykket (Byggforvaltning 723.312). Feste av nytt isolasjonssystem må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Ved etterisolering av yttervegg bør forholdet med takutstikk vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved utvendig etterisolering av murgårdsvegger

På eldre murgårder er ornamentikk, utsmykking og forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur kulturhistoriske verdier som vil kunne gå tapt ved utvendig etterisolering. Natursteinspartier, hjørner og gavler er vanskelige å bevare og går tapt. I tillegg må ofte plassering og utforming av detaljer som beslag, takrenner og nedløpsrør forandres, noe som endrer det arkitektoniske helhetsinntrykket av bygningen. Udekorerte bakgårdsfasader og gavlpertier kan ofte isoleres utvendig uten store tap av kulturhistorisk verdi, men forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og detaljer flyttes. I hvilken grad disse forholdene forandres, avhenger av tykkelsen på isolasjonen i kombinasjon med størrelse og utforming av fasaden med vinduer. Bygninger som etterisoleres utvendig bør isoleres over en hel fasade samtidig slik at det ikke oppstår synlige skiller eller forskjeller langs fasadene.

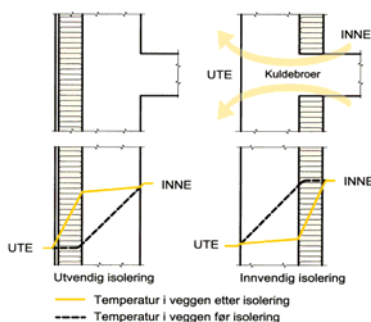
4.5.2 Utvendig under bakkenivå

Dersom terrenget omkring bygget skal graves opp i forbindelse med et annet tiltak, f.eks. om dreneringen rundt bygget skal utbedres, bør man samtidig vurdere utvendig etterisolering av kjellervegger under bakkenivå. Er det vannlekkasjer i veggene mot terreng, må man grave opp og fuktsikre/varmeisolere på utsiden.

Det er ikke alltid det er mulig å grave opp grunnen omkring bygget. De fleste sentrumsgårder ligger inn mot gangsti/vei. Videre kan det oppstå problemer med setninger dersom man graver under nåværende grunnvannsnivå. Tiltaket har ikke stor betydning for energibehovet av bygningen, men forbedrer fuktforhold og innklimaet i kjelleren og dermed reduseres risikoen for framtidige bygningsfysiske problemer.

4.5.3 Innvendig

Innvendig etterisolering bør kun velges hvis det er restriksjoner på utvendige tiltak. Ulempene ved alle typer innvendig etterisolering er at temperaturen på ytterveggen blir lavere. Dette leder til at kuldebroer får større effekt ved bjelkeopplegg i yttervegg og kan føre til kondens og råte. Lavere temperatur i de ytterste delene av vegg fører også lett til frostskafer på tegl og puss. Slike tiltak må ikke under noen omstendighet gjennomføres uten at fukt- og temperaturforholdene i ytre veggdel er analysert, og tilstanden til alt innmurt treverk og teglsteinens frostbestandighet er kartlagt. Det bør her ikke brukes mer enn 50-75 mm isolasjon (Byggforvaltning 700.601). Også reduksjonen av innvendig bruksareal er noe som begrenser innvendig etterisolering.



Figur 8 Effekten av utvendig og innvendig etterisolering (Byggforvaltning 723.312).

4.5.4 Innvendig under bakkenivå

I eldre bygninger er vegger under bakkenivå utsatt for fuktighet utenfra eller nedenfra, og egner seg sjelden godt til innvendig etterisolering.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved innvendig etterisolering av murgårdsvegger

Paneler, himlinger, gulvpanel, tapeter, brystning og listverk kan skades ved innvendig etterisolering. Det er mulig å demontere f. eks. listverk eller brystningspanel og deretter remontere, men det må gjøres med stor forsiktighet. Profilerte taklister kan være trukket i gips, noe som vil begrense mulighetene for demontering. Avhengig av tykkelsen på etterisoleringen kan innvendig areal bli betraktelig redusert. Vindussmyg vil bli dypere, noe som gir mindre dagslys inn i rommene. Ved innvendig isolering blir ytterveggene kaldere, og en sekundæreffekt kan bli at bevaringsverdige puss, fasade-elementer og dekor fukt- og frostskares.

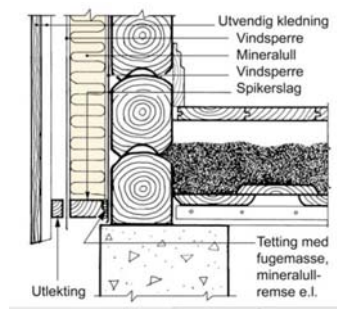
4.6 Trehus

4.7 Etterisolering av laftete vegger

For å bestemme hvilken isoleringsmetode som er mest hensiktsmessig, må man først undersøke hvordan den eksisterende veggen er bygd opp. Treverk er et råteutsatt materiale, og derfor må man ofte ta spesielle hensyn ved etterisolering av trehus. Laftevegger, reisverksvegger og eldre bindingsverksvegger er erfaringsmessig tilstrekkelig damptette sjikt, slik går det bra å etterisolere uten å legge inn ny dampsperre. Men ved innvendig isolering får man mulighet til å montere plastfolie (Byggforvaltning 723.511)

4.7.1 Utvendig

Ved å etterisolere på kald side vil man øke temperaturen i veggen. Generelt om utvendig etterisolering gjelder at man unngår kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger. Til gjengjeld får man større kuldebroeffekt og risiko for lekkasjer ved vinduskarmene om vinduet ikke flyttes ut. Man bør derfor vurdere å flytte vinduene lenger ut i forbindelse med etterisoleringen, også for å beholde det opprinnelige fasadeuttrykket (Byggforvaltning 723.312). Hvis vinduet blir stående i opprinnelig posisjon, anbefales det å montere en ekstra membran under det nye vannbrettbeslaget pga. faren for fukt- og råteproblematikk. For videre anbefalinger for etterisolering, se Byggforvaltning 723.511, del I. Ved etterisolering av yttervegg bør forholdet med takutstikk vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.



Figur 9 Utvendig isolering av laftet vegg. Detalj av avslutning i bunn av veggen (Byggforvaltning 723.511)

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved utvendig etterisolering av laftede vegger

På trebygninger er takutstikk, listverk, utsmykking og forholdene mellom veggliv / gesims, vinduer og grunnmur viktige kulturhistoriske verdier som vil gå tapt ved utvendig etterisolering. Den kan også medføre tap av kulturhistorisk verdi i form av flytting av vinduer og demontering / tap av paneler. I tillegg vil utlekting medføre at vegglivet flyttes utover, noe som vil påvirke det arkitektoniske helhetsinntrykket av bygningen. Bygninger som etterisoleres utvendig bør isoleres over en hel fasade samtidig slik at det ikke oppstår synlig skiller eller forskjeller langs fasadene. Vinduene bør vurderes flyttet lenger ut.

4.7.2 Utvendig under bakkenivå

Dersom terrenget omkring bygget skal graves opp i forbindelse med et annet tiltak, f.eks om drenering rundt bygget skal utbedres, bør man vurdere utvendig etterisolering av kjellervegger under bakkenivå.

Det er ikke alltid det er mulig å grave opp grunnen omkring bygget. Videre kan det oppstå problemer med setning dersom man graver under grunnvannstanden. Er det vannlekkasjer i veggene mot terreng, må man grave opp og fuktsikre/varmeisolere på utsiden.

4.7.3 Innvendig

Ved innvendig etterisolering kan man enten isolere utenpå kledning eller demontere kledning og legge isolasjonen direkte opp mot den laftede veggen. Hvis ønskelig kan man remontere eksisterende panel for å beholde overflatene.

Innvendig etterisolering bør unngås men kan velges når veggens utvendige tilstand er god og opprinnelig utseende og løsning/materialer må bevares. Isolering på varm side reduserer temperaturen i den opprinnelige veggen, hvilket reduserer uttørkingstakten og medfører da til større risiko for råte og fuktskader. Hvis man velger å etterisolere innvendig og veggen ikke er lufttett, bør man starte med å montere vindsperre mot den laftede veggen. Også dampsperre på innsiden anbefales (Byggforvaltning 723.511). Erfaring viser at innvendig isolering teknisk sett fungerer på trehus, men en tilstandsvurdering av kvalitet på vegg, takutstikk og værforhold bør utføres. En konsekvens av innvendig etterisolering er også at det innvendige arealet i boligen blir betraktelig redusert.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved innvendig etterisolering av laftede vegger

Paneler, himlinger, gulvpanel, tapet, brystning og listverk kan skades ved innvendig etterisolering. Det er mulig å demontere f. eks. listverk eller brystningspanel og deretter remontere, men det må gjøres med stor forsiktighet. Vindussmyg vil bli dypere, noe som gir mindre dagslys inn i rommene.

4.7.4 Innvendig under bakkenivå

I eldre bygninger er vegger under bakkenivå utsatt for fuktighet utenfra eller nedenfra, og egner seg sjelden godt til innvendig etterisolering.

4.8 Etterisolering av reisverksvegger

4.8.1 Utvendig

Ved å etterisolere på kald side vil man øke temperaturen i den opprinnelige veggkonstruksjonen. Generelt om utvendig etterisolering gjelder at man unngår kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger. Til gjengjeld får man større kuldebroeffekt ved vinduskarmene om vinduet ikke flyttes ut. Man bør vurdere å flytte vinduene lenger ut i forbindelse med etterisoleringen, for å beholde det opprinnelige fasadeuttrykket (Byggforvaltning 723.312). Hvis vinduet blir stående i opprinnelig posisjon, anbefales det å montere en ekstra membran under det nye vannbrettbeslaget pga. faren for lekkasjer. På reisverksvegger er kledningen montert mot et 35 til 70 mm hulrom, uten forhudningspapp mot hulrommet. For å hindre kaldluftinfiltrasjon bør man demontere kledningen før man etterisolere (Byggforvaltning 723.511). Ved etterisolering av yttervegg bør forholdet med takutstikk vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon å forhindre vanninntrengning i ytterveggen reduseres.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved utvendig etterisolering av reisverksvegger

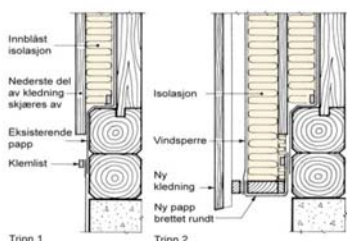
På trebygninger er takutstikk, listverk, utsmykking og forholdene mellom vegggliv / gesims og vinduer/grunnmur viktige kulturhistoriske verdier som vil gå tapt ved utvendig etterisolering. Den kan også medføre tap av kulturhistorisk verdi i form av flytting av vinduer og demontering / tap av paneler. I tillegg vil utlekting medføre at veggglivet flyttes utover, noe som vil påvirke det arkitektoniske helhetsinntrykket av bygningen. Bygninger som etterisoleres utvendig bør isoleres over en hel fasade samtidig slik at det ikke oppstår synlige skiller eller forskjeller langs fasadene. Vinduene bør vurderes flyttet lenger ut.

4.8.2 Utvendig under bakkenivå

Dersom terrenget omkring bygget skal graves opp i forbindelse med et annet tiltak, f.eks om drenering rundt bygget skal utbedres, bør man vurdere utvendig etterisolering av kjellervegger under bakkenivå. Er det vannlekkasjer i veggene mot terreng, må man grave opp og fuktsikre/varmeisolere på utsiden.

4.8.3 Hulromsisolasjon

Ved hulromsisolasjon bevarer man fasaden, men utvendig kledning vil bli kaldere og mer utsatt for malingsavflassing og fuktskader. Fordi det ikke ligger papp bak kledningen vil det dessuten være stor fare for oppfukning av isolasjonen ved nedbør. Reisverksvegger bør derfor kun etterisoleres ved innblåsing dersom det monteres vindsperre og lektes ut for luftet kledning ytterst. På steder med mye slagregn er det risiko for skader på kledningen (Byggforvaltning 723.511). Innblåsing av isolasjon i ytterveggskonstruksjoner bør ikke gjøres uten at det først er foretatt en byggeteknisk vurdering av veggens oppbygning og sikkerhet mot mulige fuktskader.



Figur 10 Etterisolering av reisverksvegg med innblåsing og utvendig påføring (Byggforvaltning 723.511)

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved hulromsisolasjon av reisverksvegger

På reisverksvegger bør man ikke blåse inn isolasjon i hulrom uten å lektes ut og legge på ny kledning, hvilket leder til store tap av kulturhistorisk verdi. Risikoen for tap av kulturhistoriske verdier vil dermed bli densamme som ved utvendig etterisolering. Takutstikk, listverk, utsmykking og forholdene mellom vegggliv / gesims og vinduer/grunnmur er viktige kulturhistoriske verdier som vil gå tapt ved utlekting. Den kan også medføre tap av kulturhistorisk verdi i form av flytting av vinduer og demontering / tap av paneler. I tillegg vil utlekting medføre at veggglivet flyttes utover, noe som vil påvirke det arkitektoniske helhetsinntrykket av

bygningen. På bygninger som lektes ut utvendig bør dette gjøres over en hel fasade samtidig, slik at det ikke oppstår synlig skiller eller forskjeller langs fasadene.

4.8.4 Innvendig

Ved innvendig etterisolering må eventuelle gamle dampette sjikt fjernes. Ny dampsperre monteres på den nye isolasjonen. Hvis ønskelig kan man remontere eksisterende panel for å beholde overflatene.

Innvendig etterisolering bør kun velges hvis veggens utvendige tilstand er god eller opprinnelig utseende og løsning/materialer må bevares. Isolering på varm side reduserer temperaturen i den opprinnelige veggen, hvilket reduserer uttørkingstakten og fører til større risiko for råte- og fuktskader. Avhengig av tykkelsen på etterisoleringen kan innvendig areal bli betraktelig redusert (Byggforvaltning 723.511).

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved innvendig etterisolering av reisverksvegger

Paneler, himlinger, gulvpanel, tapet, brystning og listverk kan skades ved innvendig etterisolering. Det er mulig å demontere f. eks. listverk eller brystningspanel og deretter remontere, men det må gjøres med stor forsiktighet. Avhengig av tykkelsen på etterisoleringen kan innvendig areal bli betraktelig redusert. Vindussmyg vil bli dypere, noe som gir mindre dagslys inn i rommene.

4.8.5 Innvendig under bakkenivå

I eldre bygninger er vegger under bakkenivå utsatt for fuktighet utenfra eller nedenfra, og egner seg sjelden godt til innvendig etterisolering.

4.9 Etterisolering av tunge bindingsverksvegger

4.9.1 Utvendig

Ved utvendig etterisolering av eldre typer bindingsverk er det som regel en fordel å fjerne det ytterste laget med kledning. Da oppnår man bedre tetting i toppen og bunnen av vegg. Man må sørge for at kald luft ikke kan trenge inn bak isolasjonen, og det anbefales å montere vindsperre i forbindelse med tiltaket. Hulrommet i vegg bør i tillegg etterisolerers ved at man blåser inn isolasjonsmateriale, slik at man får mest mulig isolasjonstykkelse og minst mulig hulrom (Byggforvaltning 723.511). Ved etterisolering av yttervegg bør forholdet med takutstikk vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.

Ved å etterisolere på kald side vil man øke temperaturen i den opprinnelige veggkonstruksjonen. Generelt om utvendig etterisolering gjelder at man unngår kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger. Til gjengjeld får man større kuldebroeffekt ved vinduskarmene om vinduet ikke flyttes ut. Man bør vurdere å flytte vinduene lenger ut i forbindelse med etterisoleringen, også for å beholde det opprinnelige fasadeuttrykket. (Byggforvaltning 723.312, del 22). Hvis vinduet blir stående i opprinnelig posisjon, anbefales det å montere en ekstra membran under det nye vannbrettbeslaget pga. faren for lekkasjer (Byggforvaltning 723.511).

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved utvendig etterisolering av bindingsverksvegger.

På trebygninger er takutstikk, listverk, utsmykking og forholdene mellom vegggliv / gesims og vinduer/grunnmur viktige kulturhistoriske verdier som vil gå tapt ved utvendig etterisolering. Den kan også medføre tap av kulturhistorisk verdi i form av flytting av vinduer og demontering / tap av paneler. Bindingsverkshusets hele karakteristiske arkitektoniske uttrykk vil kunne gå tapt ved utvendig tilleggisolering. Bygninger som etterisoleres utvendig bør i hvert fall isoleres over en hel fasade samtidig slik at det ikke oppstår synlig skiller eller forskjeller langs fasadene. Vinduene bør vurderes flyttes lenger ut.

4.9.2 Utvendig under bakkenivå

Dersom terrenget omkring bygget skal graves opp i forbindelse med et annet tiltak, f.eks om drenering rundt bygget skal utbedres, bør man vurdere utvendig etterisolering av kjellervegger under bakkenivå. Er det vannlekkasjer i veggene mot terreng, må man grave opp og fuktsikre/varmeisolere på utsiden.

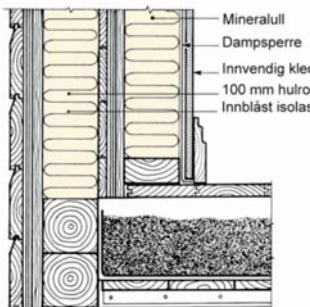
4.9.3 Hulromsisolasjon

Eldre yttervegger av bindingsverk er særlig godt egnet for innblåsing av hulromsisolasjon. Hulrommet i disse veggene er som regel 100mm og gjør løsningen til et kostnadseffektivt alternativ. Utvendig kledning vil bli kaldere og mer utsatt for malingsavflassing og fuktskader. Begrenset isolasjonstykkelse og den relativt massive vegg gjør at det erfaringsmessig går bra å blåse inn isolasjon i bindingsverksvegger uten å måtte skifte til luftet kledning. På steder med mye slagregn er det imidlertid risiko for skader på kledningen. Her anbefales det å montere luftet kledning etter innblåsing av isolasjon. Lekkasjer rundt vinduer o.l. bør alltid være utbedret før innblåsningen tar til, spesielt i områder med slagregn. (Byggforvaltning 723.511). Isolasjonsmaterialet kan blåses inn fra utsiden og innsiden, men metoden etterlater hull i kledningen som må tettes.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved hulromsisolasjon av bindingsverksvegger.

I trebygninger gir innblåst isolasjon liten risiko for tap av kulturhistorisk verdi, bortsett fra de områdene der det må tas hull i original panel for å blåse inn isolasjon. Det er mulig å skifte stående panelbord for å redusere skadeomfanget.

4.9.4 Innvendig



Figur 11 Kombinert innvendig og hulromsisolering på bindingsverksvegg (Byggforvaltning 723.511)

Innvendig etterisolering kan velges når veggens utvendige tilstand er god eller opprinnelig utseende og løsningsmaterialer må bevares. Isolering på varm side reduserer temperaturen i den opprinnelige konstruksjonen, som i en viss grad øker risikoen for fukt- og råte på kledning og på opplag av bjelkelaget.

Hvis man velger å etterisolere innvendig anbefales å etterisolere hulrommet i veggens også. Hvis veggens ikke er lufttett, bør man starte med å montere vindspærre mot den opprinnelige bindingsverksveggen. Også dampspærre på innsiden anbefales. Avhengig av tykkelsen på etterisoleringen kan innvendig areal bli betraktelig redusert (Byggforvaltning 723.511).

4.9.5 Innvendig under bakkenivå

I eldre bygninger er vegger under bakkenivå utsatt for fuktighet utenfra eller nedenfra, og egner seg sjelden godt til innvendig etterisolering.

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved innvendig etterisolering av bindingsverksvegger

Paneler, himlinger, gulvpanel, tapeter, brystning og listverk kan skades ved innvendig etterisolering. Det er mulig å demontere f. eks. listverk eller brystningspanel og deretter reparere, men det må gjøres med stor forsiktighet. Avhengig av tykkelsen på etterisoleringen kan innvendig areal bli betraktelig redusert. Vindussmyg vil bli dypere, noe som gir mindre dagslys inn i rommene.

4.10 Tiltak på vinduer

4.10.1 Skifte varevindu eller glass i koblet vindu

For vinduer med vareramme kan fuktig luft trenge inn mellom glassene fra innsiden/rom og danne kondensproblemer. Dette kan unngås gjennom å tette med tetningslist. Et mulig tiltak er å erstatte enkeltglasset i varerammen med en isolerglassrute. Utskiftning av varevindu er også et mulig tiltak som ikke skader konstruksjonen, kun varerammen berøres (Byggforvaltning 733.162). På et koblet vindu med to vanlige glass kan samme tiltak utføres som ovennevnt. Ved å erstatte det innerste glasset med en isolerrute øker man isolasjonsevnen betydelig. En vurdering må gjøres om den innerste rammen er kraftig nok til å utvide falsen å gi plass for en slik rute. I et pågående prosjekt per i dag (21.11.2011) utfører SINTEF Byggforsk på oppdrag av Enova og Riksantikvaren målinger av U-verdien på eldre vinduer med forskjellige typer av rutetyper i varerammen. Indikasjoner på U-verdier ned mot 1,0 W/m²K er blitt målt (Prosjektnummer 3D1110)

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier ved utskifting av glass eller varevinduer

Utskifting av kun glasset vil normalt sett ikke redusere den kulturhistoriske verdien i noen større grad forutsatt at det nye glasset kan monteres uten å skade originalt tremateriale i vinduene. Det autentiske glasset vil imidlertid bli borte for alltid, en konsekvens som bør vurderes nøye. Eldre glass har ujevn overflate som gir en annen refleksjon enn det nye, helt slette glasset. Hvis nye varevinduer ikke medfører noen forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspouter vil ikke risikoen for tap av kulturhistorisk verdi være stor ved utskifting av disse. Man bør dog være oppmerksom på at de nye varevinduer kan medføre en uønsket speileffekt i glassene. Det arkitektoniske uttrykket blir også annerledes, først og fremst innvendig, men denne forandring vil ofte bli oppfattet som akseptabel.

4.10.2 Skifte hele vinduet

Ved utskifting av hele vinduet kan et nytt vindu med et lavt U-verdi velges, hvilket er gunstig i energisynspunkt. Tilpasning av nye vinduer kan være problematisk i eldre bygg som er blitt utsatt for setninger.

Tabell 1 Varmeisolasjonsegenskaper for forskjellige åpningsvinduer i tre med størrelse 1,2 m x 1,2 m og 70 % glassareal. Verdiene forutsetter glassavstand minst 12 mm for isolerruter, og tette-lister mellom karm og ramme (Bygningsforvaltning 733.162).

Vindustype	U-verdi W/(m ² K)
Enkelt vanlig glass i ramme	4,6–5,0
Vindu med vareramme, to glass	2,4–2,6
To vanlige glass i koblet vindu	2,4–2,6
Tolags isolerrute, vanlig glass, luftfylt	2,4–2,8
Tolags isolerrute med ett belagt glass og luft	1,6–2,2
Tolags isolerrute med ett belagt glass og argongass	1,4–2,0
Vindu med vareramme. Ett vanlig enkeltglass i ytre ramme, tolags isolerrute med ett belagt glass og argongass i hulrommet i indre ramme	1,3–1,7
Tre glass i koblet vindu, ett vanlig enkeltglass og tolags isolerrute med ett belagt glass og argongass i hulrommet	1,3–1,7

Risiko for tap av kulturhistoriske verdier

Generelt bør vinduer av stor kulturhistorisk verdi beholdes. Både glass, ramme og beslag er viktige elementer. Skifting av varevinduer eller glass blir derfor ofte mest aktuelt. Utskifting av hele vinduet vil for det første medføre at autentisiteten i form av originalmateriale går tapt. For det andre reduseres den kulturhistoriske verdien betraktelig siden nyere vinduer vanligvis produseres på en helt annen måte enn gamle og dermed vil gi et annet arkitektonisk uttrykk i bygningen, både utvendig og innvendig. Hvis vinduene imidlertid må skiftes grunnet altfor omfattende skader i de eksisterende vinduene kan nye produseres for hånd som eksakte kopier av originalen hvilket begrenser tapet av kulturhistorisk verdi til kun tapet av autentisitet i form av originalvinduer. Det er viktig å demontere både utvendig og innvendig listverk forsiktig, og deretter remontere disse etter utskifting av vinduene.

5 Energieffektivisering i eksempelbygg

Utgangspunktet for valg av eksempelbygg har vært å finne bygningstyper som det finnes stor potensiale for energieffektivisering og hvor dette kan komme i stor konflikt med de kulturhistoriske verdiene. Derfor har det blitt definert fire bygningstyper som det finnes mange av og som til sin utforming, plassering, bruk og skadenivå er så "vanlig" som mulig. I dette kapittel presenteres resultater fra beregninger utført i energiberegningsprogrammet SIMIEN. Eksempelbyggene og tiltakene er utformet i samarbeid med Riksantikvaren og referansegruppa. Hvert energisparingstiltak er utført på enkelte deler av bygningen og energibesparingen er beregnet i prosent energibesparing av netto energibehovet. Det er nettoenergiebehovet som det settes krav til i energirammen i teknisk forskrift. Det er blitt brukt standardiserte verdier for internlaster, ifølge NS 3031:2007/A1 3031:2011.

Vær oppmerksom på at effekten av enkelte tiltak ikke kan adderes. Vil man utføre flere tiltak samtidig, vil den samlede spareeffekten bli mindre enn summen av de beregnede innsparingseffektene for hvert enkelt tiltak.

5.1 Murgård fra 1890-tallet

Tabell 2 Murgårdens geometri og egenskaper

Beskrivelse	
Oppvarmet bruksareal (BRA)	980 m ²
Oppvarmet volum	2744 m ³
Lekkasjetall (n_{50})	4 h ⁻¹
Kuldebroer	0,03 W/m ² K
Naturlig ventilasjon	1,2 m ³ /hm ²
Energibehov	349 kWh/m ²

Bygningsdeler	Areal [m ²]	U-verdi [W/m ² K]
Yttervegger	820	1,3
Yttervegg mot gate respektive bakgård	33 %	
Gavlvegg mot fri respektive nabobygning	14 %	
Portromsvegger	7 %	
Vinduer/dører	156	2,6
Etasjeskiller mot kaldt loft	250	0,96
Etasjeskiller mot kjeller	230	0,96
Gulv mot fri luft over portrom	20	0,9

Tabell 3 Bygningsdelenes areal og U-verdier

5.1.1 Bygningsbeskrivelse

For murgårder er det blitt definert en bygningstype som det finnes mange av og som til sin utforming, plassering, bruk og skadenivå er "vanlig". En 1890-talls murgård i Oslo er valgt som eksempelbygg. Bygningen består av fire etasjer, er rektangulær i utformingen, med en 25 m gård- og gatefasade. En gavl er fri, og den andre er plassert tett mot en lignende murgård, med luftet hulrom mellom husene. Ytterveggene består av 1,5-teglsteins pusset kompaktmur. Innvendig har ytterveggene original kledning av panel med hulrom bak. Bærebjelkene er av tre og er festet en stein inn i veggen. Etasjeskillene mot loft og kjeller er en stubbeloftskonstruksjon med leirfylling, gulvbord og himling. Kjeller og loft er uoppvarmet og benyttes som bodarealer. Vinduene er originale enkeltvinduer med ekstra varevinduer innvendig. Lekkasjetallet for bygningen er satt til 4 h⁻¹ (n_{50}) som er forholdsvis lavt. Bygningen er plassert i bymiljø i Oslo-klima.

5.1.2 Kulturhistoriske verdier

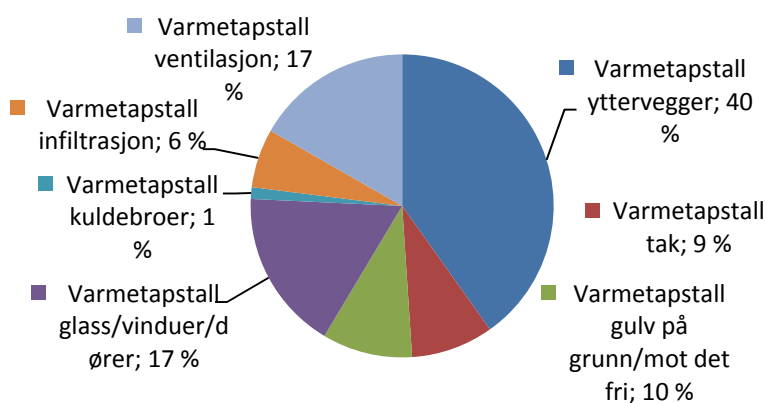
Den valgte murgården har en gatefasade som er utsmykket med hjørner og gavler som bør bevares. I tillegg har den et dekorert inngangsportrom. Gavler og bakgårdsfasade er udekorerte, men har originale vinduer og vindusinnfatninger. Både glass, ramme og beslag er viktige komponenter i helheten. Dekor og utforming av fasader er av stor verdi. Forholdet mellom vegg-liv og gesims, vinduer og grunnmur er også viktige verdier som bør bevares. Originale etasjeskiller, bjelkelag mot loft og mot kjeller har kun kulturhistorisk verdi i form

av original teknisk utforming. Innvendig har ytterveggene original panel som er tapetsert, gulvpanel og himling er av høy verdi og bør, hvis mulig, bevares.

5.1.3 Varmetap og energibesparing

Ytterveggene på en murgård har en stor betydning for varmetapet, grunnet veggens store andel areal i forhold til resten av klimaskallet.

Figur 12 viser hvordan varmetapet fordeler seg mellom de ulike konstruksjonsdelene i bygget, der ytterveggene utgjør den største delen (40%). Varmetapet fra vinduene er også stort grunnet det høye U-verdien. Infiltrasjonen utgjør en liten del av det totale varmetapet i eksempelbygget, men kan variere veldig fra ulike bygninger, se videre kapittel om Tetting og ventilasjon. Det totale lekkasjetallet i bygningen er antatt til $4 \text{ h}^{-1} (n_{50})$, hvilket er forholdsvis lite for en murgård. Varmetapet fra ventilasjonen er beregnet med en luftveksling som tilfredsstiller teknisk forskrift med $1,2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$. Det beregnede varmetapet kan dermed antas være høyere enn det reelle, da det i mange tilfeller ikke er et tilstrekkelig luftskifte i murgårder.



Figur 12 Fordeling av varmetap på en murgård

5.1.4 Resultater av tiltak på en murgård

Samtlige resultater er blitt beregnet iht. bygningens netto energibehov.

I likhet med andre bygninger vurderes temperaturstyring først (tiltak 1). På grunn av at de tunge konstruksjonene holder lenger på varmen vil imidlertid gevinsten av natt- og dagsenkning være noe mindre enn i bygg med lettere konstruksjoner.

Tetting av lekkasjer (tiltak 2) gir en reduksjon av netto energibehovet på 5%, dette kan som beskrevet variere veldig. Eksempelbygget har et forholdsvis lavt lekkasjetall, hvilket innebærer at energisparingen kan være større i bygninger med større lekkasjetall. Den termiske komforten forbedres også gjennom en redusering av trekk og eventuelle kalde gulv.

Isolering av etasjeskillene mot loft og kjeller bør normalt være mulig (tiltak 3-5). Høyere gulvtemperatur i første etasje øker termisk komfort, og kan også gjøre det mulig å senke romtemperaturen noe. Deler av besparelsen kan bli "spist opp" av økt behov for frostsikring, eventuelt ventilasjon i kjeller.

Etterisolering av vegg (tiltak 6-8, 10) er et veldig gunstig tiltak, der mest mulig av veggene bør etterisolerers. Her er det de kulturhistoriske verdiene som setter begrensningen. Eventuelt må takutstikk justeres, da forholdet til vegg forandres og påvirker takutstikkets funksjonalitet.

Innvendig etterisolering med 50 mm isolasjon (tiltak 9) kan utføres der utvendig etterisolering ikke er mulig. Dette gir også stor energisparingspotensial men får kun utføres etter en tilstands og skadevurdering er blitt utført.

Etterisolering av kjellervegg (tiltak 11) utvendig har ikke noen stor effekt på energibesparingen, men er gunstig i forhold til å øke temperaturen i den opprinnelige vegg og i kjeller. Dette tiltak kan utføres i samband med drenering som også reduserer risikoen for framtidige fuktskader. Innvendig etterisolering av kjellervegg skal unngås.

Utskifting av vareramme eller vinduer (tiltak 12-14) gir en energisparing på 6-10 %. Utskifting av vareramme er å foretrekke iht kulturhistoriske verdier. Å oppgradere vegger og vinduer samtidig bør være aktuelt. I utgangspunktet må man regne med at bygningen er underventilert, slik at det kan være behov for bedring av ventilasjonen. Dette kan bidra til å øke energibehovet dersom det ikke kan kompenseres ved varmegjenvinning av avkastluft.

For murgården er det også blitt gjort en kombinasjon av tiltak. Tiltak 15 er en oppgradering med ivaretagning av de kulturhistoriske verdiene. Dette tiltak reduserer energibehovet med 40 %. Det finnes potensial for større energibesparinger; ved en ambisiøs oppgradering med betydelige tiltak inkludert installering av balansert ventilasjon med varmegjenvinner reduseres energibehovet med opp mot 73 %. I tabell 4 vises alle tiltak som er blitt utført, samt viser figur 13 alle tiltakene i prosent av det opprinnelige netto energibehovet.

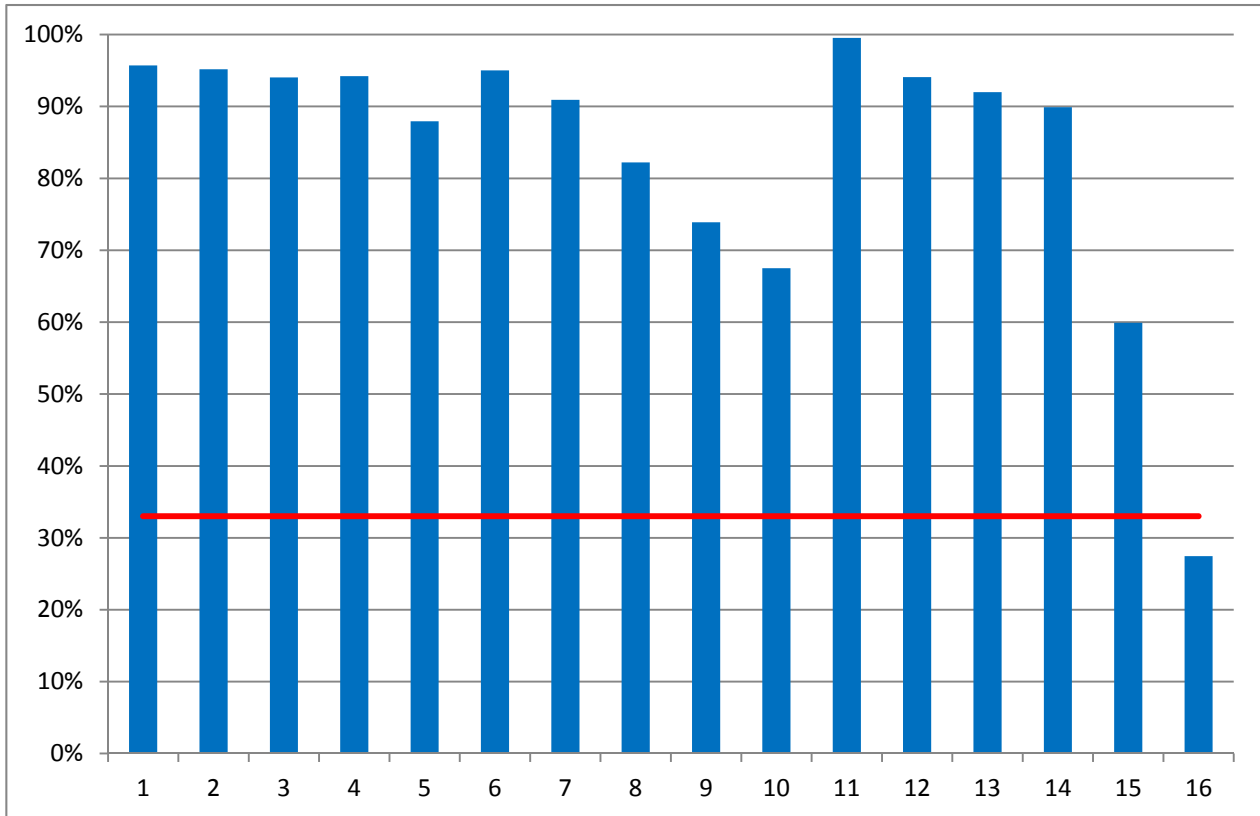
Tabell 4 Tiltak utført på en 1890-talls murgård

Nr	Beskrivelse	Bygningsdel	Oppr. U-verdi [W/m ² K]	Nytt U-verdi [W/m ² K]	Netto energibehov [kWh/m ²]	Netto energibehov etter tiltak [%]	Risiko for konsekvenser for reduksjon av kulturhistoriske verdier	Risiko for bygningsfysiske skader
1	Nattsenkning fra 21 til 19 C	Temperaturstyring			334	96 %	Større temperaturforandringer kan gi, f eks, kondensskader eller oppsprekking av treverk i interiør eller dekor,.	4.1. -
2	Tetting fra en infiltrasjon på 4 til 1 h ⁻¹ (n ₅₀)	Tetting			332	95 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet, og diskret montering av evt ventiler og kanaler.	4.2. Mulig risiko for reduksjon av luftskifte i boenhet.
3	Fjerne stubbloftsleire og fyller med ny isolasjon og tilleggsisolere 200mm på underside.	Gulv	0,96	0,11	329	94 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak.
4	Etterisolere etasjeskiller mot loft med 300mm	Tak	0,96	0,11	329	94 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	4.4. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold på loft må utføres før tiltak.
5	Etterisolering av loft og gulv mot kjeller	Tak/gulv	0,96	0,11	307	88 %	Se tiltak 3 og 4.	4.3. og 4.4. Se tiltak 3 og 4
6	Utvendig etterisolering av kunn gavlvegg med 100mm isolasjon	Vegg	1,3	0,29	332	95 %	Forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.5. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
7	Utvendig etterisolering av kunn gårdsvegg med 100mm isolasjon	Vegg	1,3	0,29	318	91 %	Forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.5. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.

8	Utvendig etterisolering av portroms-vegg, portroms-tak, gårdsvegg og gavlvegg. 100mm isolasjon	Vegg	1,3	0,29	287	82 %	Ornamentikk og utsmykking i portrommet vil kunne gå tapt. Forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes.	4.5 Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
9	Innvendig etterisolering av alle vegger, 0.06 kuldebro. 50mm isolasjon	Vegg	1,3	0,45	258	74 %	Paneler, himlinger, gulvpanel, tapeter, brystning og listverk kan skades. Sekundæreffekt kan bli at bevaringsverdige puss, fasade-elementer og dekor fukt- og frostskaedes.	4.5. Innvendig isolasjon kan gi fuktigere forhold ved opplaget av bjelkelaget, og økt fare for råteproblemer. Frostbestandigheten i ytre teglstein bør vurderes.
10	Utvendig etterisolering med 200mm på alle vegger. 50mm innvendig etterisolering mot nabo-bygning	Vegg	1,3	0,17	236	68 %	Ornamentikk, utsmykking og forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil kunne gå tapt. Natursteinspartier, hjørner og gavler går tapt. Plassering og utforming av detaljer må forandres, noe som endrer det arkitektoniske helhetsinntrykket.	4.5. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
11	Etterisolering av kjellervegg med 100mm isolasjon, for bedre temperatur i kjeller	Vegg under terreng	1,1	0,28	348	100 %	Ingen	4.5
12	Skifte varevindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	2,6	1,6	329	94 %	Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspøster bør unngås. De nye varevinduene kan medføre en uønsket speileffekt i glassene.	4.10.
13	Utbedret koblet vindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	2,6	1,3	321	92 %	Nytt glass må monteres uten å skade originalt tremateriale i vinduene. Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspøster bør unngås. De nye glassene kan medføre en uønsket speileffekt.	4.10.
14	Skifte vinduer eller varevindu, ifølge SINTEF prosjekt 3D1110	Vindu	2,6	1,0	314	90 %	Vinduer av stor kulturhistorisk verdi bør beholdes. Hvis vinduene imidlertid må skiftes grunnet altfor omfattende skader i de eksisterende vinduene kan nye produseres for hånd som eksakte kopier av originalen.	4.10.
15	Kombinert tiltak (kulturhistorisk perspektiv) ¹ Tiltak 1, 2, 5, 6, 7, 11, 12				209	60 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak
16	Kombinert tiltak ² . Tiltak 1, 2, 5, 10, 11, 14 + balansert ventilasjon m varmegjenvinner				96	27 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak

¹Nattsenking, Tetting, etterisolering av loft og gulv mot kjeller samt etterisolering av kun gårdsvegg og gavlvegg og skifte av vørevindu til et U-verdi p  1,6 W/m²K.

²¹Nattsenking, Tetting, etterisolering av loft og gulv mot kjeller samt 200mm utvendig etterisolering p  alle vegger og 50mm innvendig etterisolering mot n bbygning, skifte av vindu eller vørevindu if lge SINTEF prosjekt 3D1110, samt installasjon av balansert ventilasjon med varmegjenvinner.



Figur 13 Redusering av nettoenergi behovet iht opprinnelig behov i prosent, r d linje tilsv rer dagens krav (TEK 10).

5.2 Laftet hus før 1900

Tabell 5 Laftet hus: Geometri og egenskaper

Beskrivelse	
Oppvarmet bruksareal (BRA)	120 m ²
Oppvarmet volum	288 m ³
Lekkasjetall (n_{50})	10 h ⁻¹
Kuldebroer	0,01 W/m ² K
Naturlig ventilasjon	0,5 m ³ /hm ²
Energibehov	493 kWh/m ²

Tabell 6 Laftet hus: Bygningsdelenes areal og U-verdier

Bygningsdeler	Areal	U-verdi
	[m ²]	[W/m ² K]
Yttervegger	156	0,75
Vinduer/dører	28	4,6
Etasjeskiller mot kaldt loft	60	0,96
Etasjeskiller mot kjeller	60	0,96

5.2.2 Kulturhistoriske verdier

Den valgte laftede bygningen har en fasade som er panelt og som bør bevares. I tillegg har den originale enkeltvinduer og vindusinnfatninger. Både glass, ramme og beslag er viktige komponenter i helheten. Forholdet mellom vegg-liv og gesims, vinduer og grunnmur er også viktige verdier som bør bevares. Originale etasjeskiller, bjelkelag mot loft og mot kjeller har kun kulturhistorisk verdi i form av original teknisk utforming. Innvendig har ytterveggene original panel som er malt, gulvpanel og himling er av høy verdi og bør, hvis mulig, bevares.

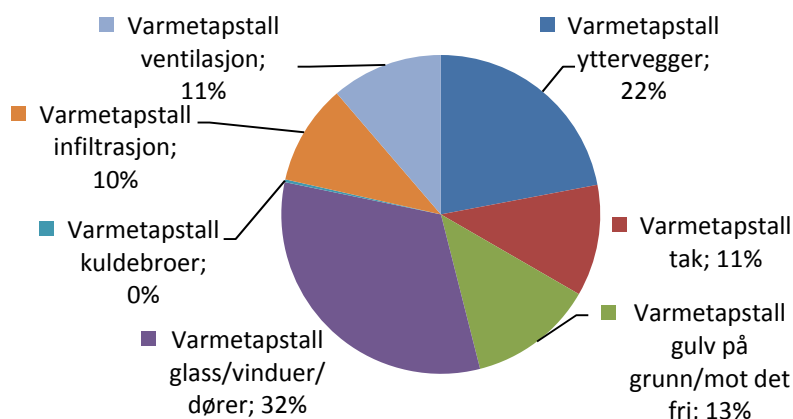
5.2.1 Bygningsbeskrivelse

Eksempelbygget er en laftet trebygning fra før 1900 kledd innvendig og utvendig med stående panel. Ytterveggene er konstruert med 19 mm utvendig kledning, 1 lag papp, 200 mm laftet tømmer, 1 lag papp, 19 mm panel og papirtapet. Huset har to etasjer, et kaldt loft og kryperom med etasjeskillere av stubbeloftskonstruksjon med leirfylling, himling og gulvbord. Bygningen har enkle vinduer. Vanligvis har vinduer i denne type bygninger blitt utbedret, men i dette eksempel har vi valgt en bygning som ikke har gjennomgått slike utbedringer, se videre reisverks- og bindingsverkshus. Ingen ventilasjon er installert og det er oppdaget noen få råte- og fuktskader.

Den laftete trebygningen er et en-families-hus, plassert i Oslo-klima og i åpen hage med full mulighet for solinnstråling.

5.2.3 Varmetap og energibesparing

På det laftete huset ligger U-verdien på vinduet vesentlig høyere enn de andre bygningsdelene hvilket leder til at vinduene utgjør 1/3 av varmetapet. Infiltrasjonen er satt til $10 \text{ h}^{-1} (n_{50})$ og utgjør 10 % av varmetapet. Ved uisolerte trevegger er kuldebroene for bygningen er ubetydelig men de øker hvis man etterisolerer innvendig.



Figur 14 Fordeling av varmetap på et laftet hus.

5.2.4 Resultater av tiltak på et laftet hus

Samtlige resultater er blitt beregnet iht. bygningens netto energibehov.

I tabell 7 vises alle tiltak som er blitt utført, samt viser figur 15 alle tiltakene i prosent av det opprinnelige energibehovet.

I likhet med andre bygninger vurderes temperaturstyring først (tiltak 1), og besparingen for kun nattsinking er betydelig (14 %).

Tetting av lekkasjer (tiltak 2-3) fikk en reduksjon av energibehovet på 8 %, respektive 12 %, dette kan som beskrevet oven variere veldig beroende på bygning. Den termiske komforten forbedres også gjennom en redusering av trekk og eventuelle kalde gulv. Man må dog passe på å få tilstrekkelig med ventilasjon i boligen.

Etterisolering av vegg (tiltak 4-6) er et veldig gunstig tiltak, der mest mulig av veggene bør etterisolerers. Innvendig etterisolering (tiltak 6) kan utføres da utvendig etterisolering ikke er mulig, og er mindre problematisk på trehus enn murgårder.

Isolering av etasjeskillere mot loft og kjeller bør normalt være mulig (tiltak 7-12). Høyere gulvtemperatur i første etasje øker termisk komfort, og kan gjøre det mulig å senke romtemperaturen noe. Deler av besparelsen kan bli "spist opp" av økt behov for frostsikring i kjeller. Ved sammenligning av tiltak på gulv, gir en ambisiøs oppgradering av kun gulvet liten effekt, da varmetapet er så stort på de andre delene av huset. Effekten skulle dermed øke hvis en kombinasjon av tiltak ble utført.

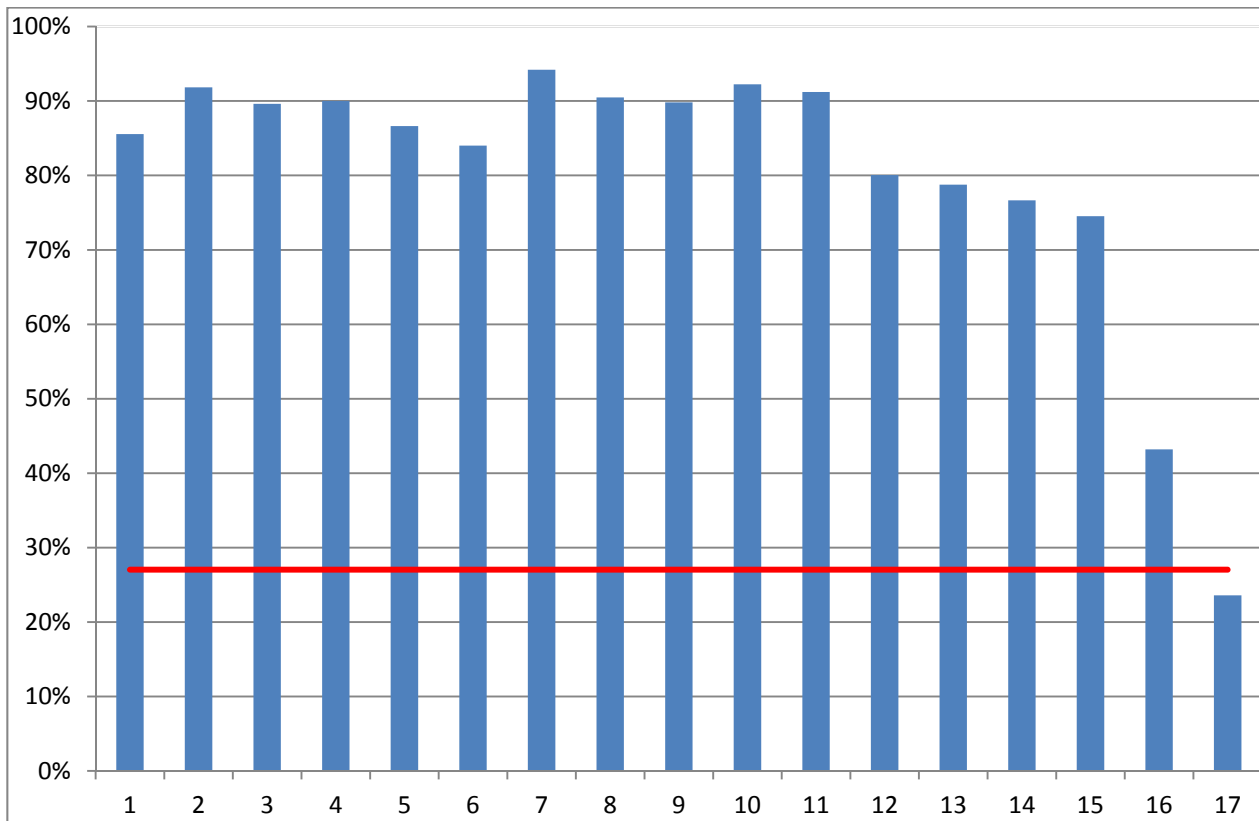
Innsetting av vareramme eller skifte av vinduer (tiltak 13-15) blir her et veldig gunstig tiltak grunnet det høye opprinnelige U-verdien på vinduet (21-25 %). Å oppgradere vegger og vinduer samtidig bør dog være aktuelt.

I utgangspunktet må man regne med at bygningen er underventilert, slik at det kan være behov for bedring av ventilasjonen. Dette kan bidra til å øke energibehovet dersom det ikke kan kompenseres ved varmegjenvinning av avkastluft.

Tabell 7 Tiltak på et laftet hus

Nr	Beskrivelse	Bygningsdel	Oppr. U-verdi [W/m ² K]	Nytt U-verdi [W/m ² K]	Netto energibehov [kWh/m ²]	Netto energi behov etter tiltak [%]	Risiko for konsekvenser for reduksjon av kulturhistoriske verdier	Risiko for bygningsfysiske skader
1	Nattsinking fra 21 til 19 °C	Temperaturstyring			422	86 %	Større temperaturforandringer kan gi, f eks, kondenssskader eller oppsprekking av treverk i interiør eller dekor, og diskret montering av evt ventiler og kanaler.	4.1. -
2	Tetting fra en infiltrasjon på 10 til 5 h ⁻¹ (n ₅₀) (halvering)	Tetting			453	92 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet.	4.2. Mulig risiko for redusering av luftskifte i boenhet.
3	Tetting fra en infiltrasjon på 10 til 2,5 h ⁻¹ (n ₅₀) (dagens krav)	Tetting			442	88 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet.	4.2. Mulig risiko for redusering av luftskifte i boenhet.
4	Etterisolering med 50mm på alle vegger innvendig, 0.03 kuldebro	Vegg	0.75	0.38	444	90 %	Paneler, himlinger, gulvpanel, tapeter, brystning og listverk kan skades. De- og remontering må gjøres varsomt. Sekundæreffekt kan bli at fasadeelementer og dekor fukt- og frostskares.	4.7. Isolering på varm side reduserer temperaturen i den opprinnelige veggen, hvilket reduserer uttørringstakten og medfører da til større risiko for råte og fuktsskader.
5	Etterisolering med 100mm på alle vegger utvendig	Vegg	0.75	0.27	427	87 %	Forholdet mellom vegggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.7. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
6	Etterisolering med 200mm på alle vegger utvendig	Vegg	0.75	0.17	415	84 %	Forholdet mellom vegggliv og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.7. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
7	Blåse inn isolasjon over leire i stubbeloft	Gulv	0.96	0.5	465	94 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
8	Erstatte leirfylling og hulrom med mineralull	Gulv	0.96	0.17	446	90 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
9	Fjerne stubbloftsleire og fyll med ny isolasjon og etterisolere 200mm på undersidene	Gulv	0.96	0.11	443	90 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
10	Etterisolering med 150mm på oversiden, med	Tak	0.96	0.2	455	92 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det	4.4 Fuktig inneluft kan trenge opp gjennom utettheter, avkjøles og

	leire. Se videre anvisning for videre alternativer.						utvikles fuktskader i treverk mot loft.	avgi kondens, hvis ikke himlingen er tilstrekkelig lufttett.
11	Etterisolering med 300mm på oversiden, med leire. Se videre anvisning for videre alternativer.	Tak	0.96	0.11	450	91 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	4.4 Fuktig inneluft kan trenge opp gjennom utettheter, avkjøles og avgi kondens, hvis ikke himlingen er tilstrekkelig lufttett.
12	Etterisolering med 300mm i gulv og tak	Gulv/Tak	0.96	0.11	395	80 %	Se tiltak 9 og 11. Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	Se tiltak 9 og 11. 4.3. og 4.4. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold på loft og i kjeller må utføres før tiltak.
13	Skifte varevindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	4.6	1.6	389	79 %	Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av kryssposter bør unngås. De nye varevinduene kan medføre en uønsket speileffekt i glassene.	4.10.
14	Utbedret koblet vindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	4.6	1.3	378	77 %	Nytt glass må monteres uten å skade originalt tremateriale i vinduene. Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av kryssposter bør unngås. De nye glassene kan medføre en uønsket speileffekt.	4.10.
15	Skifte vinduer eller varevindu, ifølge SINTEF prosjekt 3D1110	Vindu	4.6	1.0	368	75 %	Vinduer av stor kulturhistorisk verdi bør beholdes.	4.10.
16	Kombinert tiltak (kulturhistorisk perspektiv) Tiltak 1, 2, 4, 12, 13				213	43 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak
17	Kombinert tiltak. Tiltak 1, 3, 6, 12, 15 samt balansert ventilasjon med varmegjenvinner				116	24 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak



Figur 15 Redusering av nettoenergi behovet iht opprinnelig behov i prosent, rød linje tilsvarer dagens krav (TEK 10).

5.3 Reisverkshus fra 1930-tallet

Tabell 8 Reisverkshusets geometri og egenskaper

Beskrivelse	
Oppvarmet bruksareal (BRA)	180 m ²
Oppvarmet volum	432 m ³
Lekkasjetall	10 h ⁻¹ (n ₅₀)
Kuldebroer	0,01 W/m ² K
Naturlig ventilasjon	0,5 m ³ /hm ²
Energibehov	401 kWh/m ²

Tabell 9 Reisverkshus: Bygningsdelenes areal og U-verdier

Bygningsdeler	Areal	U-verdi
	[m ²]	[W/m ² K]
Yttervegger	191	0,82
Vinduer/dører	36	2,6
Etasjeskiller mot kaldt loft	90	0,96
Etasjeskiller mot kjeller	90	0,96

5.3.1 Bygningsbeskrivelse

Reisverkshuset har to etasjer, et kaldt loft og kjeller med etasjeskillere av stubbeloftskonstruksjon med leirfylling, himling og gulvbord. Veggen har innvendig og utvendig kledning, et hulrom på 50 mm, 2 lags papp på innside og utside av stående plank. Bygningen har originale enkeltvinduer med innvendig ekstra varevinduer. Ingen ventilasjon er installert og det er oppdaget noen få råte og fuktskader.

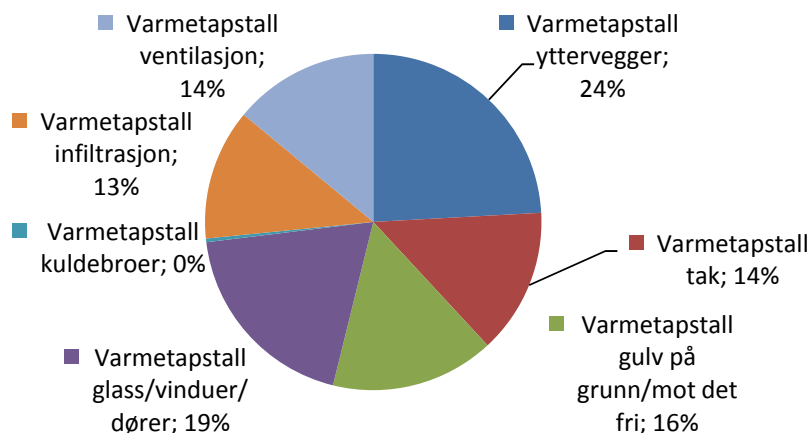
Reisverkshuset er et en-families-hus, plassert i Oslo-klima og i åpen hage med full mulighet for solinnstråling.

5.3.2 Kulturhistoriske verdier

Den valgte reisverksbygningen har en fasade som er utsmykket med listverk, vindskier og dørportaler som bør bevares. I tillegg har den tidstypiske vinduer, men med ekstra varevinduer innvendig. Både glass, ramme og beslag er viktige komponenter i helheten. Dekor og utforming av fasader er av stor verdi. Forholdet mellom veggliv og gesims, vinduer og grunnmur er også viktige verdier som bør bevares. Originale etasjeskiller, bjelkelag mot loft og mot kjeller har kun kulturhistorisk verdi i form av original teknisk utforming. Innvendig har ytterveggene original panel som er malt, gulvpanel og himling er av høy verdi og bør, hvis mulig, bevares.

5.3.3 Varmetap og energibesparing

Varmetapet på reisverkshuset er forholdsvis likt fordelt mellom de ulike postene, der yttervegger og vinduer fortsatt har høyest varmetap.



Figur 16 Fordeling av varmetap på et reisverkshus

5.3.4 Resultater av tiltak på et reisverkshus

Samtlige resultater er blitt beregnet iht. bygningens netto energibehov.

I tabell 10 vises alle tiltak som er blitt utført, samt viser figur 17 alle tiltakene i prosent av det opprinnelige energibehovet.

I likhet med andre bygninger vurderes temperaturstyring først (tiltak 1), besparingen i prosent er for et reisverkshus 4 %.

Tetting av lekkasjer (tiltak 2-3) fikk en reduksjon av energibehovet på 10 %, respektive 13 %, dette kan som beskrevet oven variere veldig beroende på bygning. Den termiske komforten forbedres også gjennom en redusering av trekk og eventuelle kalde gulv. Man må dog passe på å få tilstrekkelig med ventilasjon i boligen.

Etterisolering av vegg (tiltak 4-6) er et veldig gunstig tiltak, der mest mulig av veggene bør etterisoleres. Innvendig etterisolering (tiltak 4) kan utføres da utvendig etterisolering ikke er mulig, og er mindre problematisk på trehus enn murgårder.

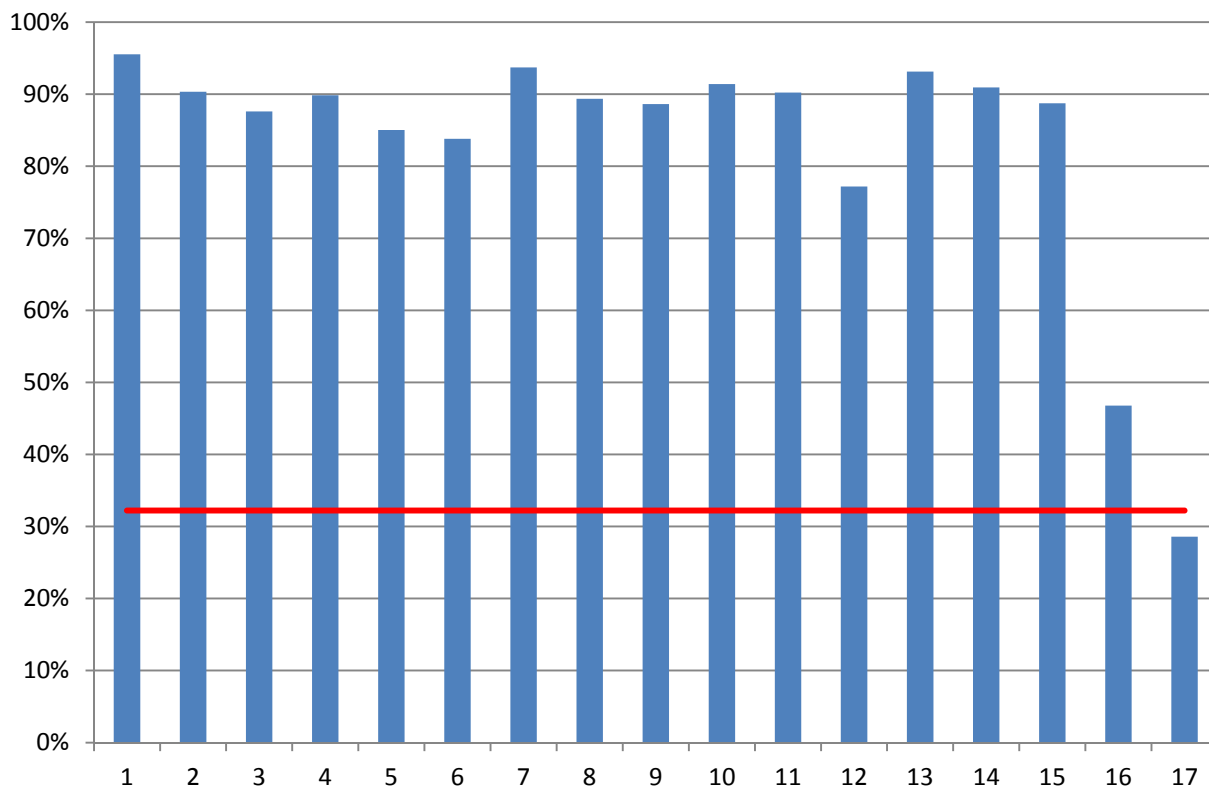
Isolering av etasjeskillere mot loft og kjeller bør normalt være mulig (tiltak 7-12). Høyere gulvtemperatur i første etasje øker termisk komfort, og kan gjøre det mulig å senke romtemperaturen noe. Deler av besparelsen kan bli "spist opp" av økt behov for frostsikring i kjeller.

Innsetting av ny vareramme eller skifte av vinduer (tiltak 13-15) blir her ikke et like gunstig tiltak, da varmetapet på vinduer ikke er like stort som for laftet hus. Det må utføres en kombinasjon av tiltak i dette hus for en større effekt på oppgraderingen.

I utgangspunktet må man regne med at bygningen er underventilert, slik at det kan være behov for bedring av ventilasjonen. Dette kan bidra til å øke energibehovet dersom det ikke kan kompenseres ved varmegjenvinning av avkastluft.

Nr	Beskrivelse	Bygningsdel	Oppr. U-verdi [W/m ² K]	Nytt U-verdi [W/m ² K]	Netto energibehov [kWh/m ²]	Netto energibehov etter tiltak [%]	Risiko for konsekvenser for reduksjon av kulturhistoriske verdier	Risiko for bygningsfysiske skader
1	Nattsinking fra 21 til 19 °C	Temperaturstyring			383	96 %	Større temperaturforandringer kan gi, f eks, kondensskader eller oppsprekking av treverk i interiør eller dekor, og diskret montering av evt ventilert og kanaler.	4.1. -
2	Tetting fra en infiltrasjon på 10 til 5 h ⁻¹ (n ₅₀) (halvering)	Tetting			362	90 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet.	4.2. Mulig risiko for reduksjon av luftskifte i boenhet.
3	Tetting fra en infiltrasjon på 10 til 2.5 h ⁻¹ (n ₅₀) (dagens krav)	Tetting			351	87 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet.	4.2. Mulig risiko for reduksjon av luftskifte i boenhet.
4	Etterisolering av alle vegger 50mm innvendig, 0.03 kuldebro	Vegg	0.82	0.43	360	90 %	Paneler, himlinger, gulvpanel, tapeter, brystning og listverk kan skades Sekundæreffekt kan bli at fasadeelementer og dekor fukt- og frostskaades	4.8. Isolering på varm side reduserer temperaturen i den opprinnelige veggen, hvilket reduserer uttørkingstakten og fører til større risiko for råte- og fuktskader.
5	Etterisolering med 100mm på alle vegger utvendig	Vegg	0.82	0.24	341	85 %	Forholdet mellom vegg og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.8. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
6	Isolere utvendig 150mm eller blåse inn isolasjon i hulrom i tillegg til å isolere 100 utvendig	Vegg	0.82	0.19	336	84 %	Forholdet mellom vegg og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.8. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
7	Blåse inn isolasjon over leire i stubbeloft	Gulv	0.96	0.5	376	94 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
8	Erstatte leire og hulrom med mineralull	Gulv	0.96	0.17	358	89 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
9	Fjerne stubblofts-leire og fyll med ny isolasjon og tilleggisolere 200mm på undersidene ned 198mm	Gulv	0.9	0.11	355	89 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
10	Etterisolering med 150mm på oversiden av etasjeskiller, med leire. Se videre anvisning for videre alternativer.	Tak	0.96	0.2	366	91 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	4.4 Fuktig inneluft kan trenge opp gjennom utettheter, avkjøles og avgi kondens, hvis ikke himlingen er tilstrekkelig lufttett
11	Etterisolering med 300mm på oversiden av etasjeskiller, med leire. Se videre anvisning for videre alternativer.	Tak	0.96	0.11	362	90 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	4.4 Fuktig inneluft kan trenge opp gjennom utettheter, avkjøles og avgi kondens, hvis ikke himlingen er tilstrekkelig lufttett
12	Etterisolering med 300mm i gulv og tak	Gulv/Tak	0.96	0.11	309	77 %	Se tiltak 9 og 11	4.3. og 4.4. Se tiltak 9 og 11

13	Skifte varevindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	2.6	1.6	373	93 %	Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspøster bør unngås. De nye varevinduene kan medføre en uønsket speileffekt i glassene.	4.10.
14	Utbedret koblet vindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	2.6	1.3	364	91 %	Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspøster bør unngås. De nye glassene kan medføre en uønsket speileffekt.	4.10.
15	Skifte vinduer eller varevindu, ifølge SINTEF prosjekt 3D1110	Vindu	2.6	1.0	356	89 %	Vinduer av stor kulturhistorisk verdi bør beholdes.	4.10.
16	Kombinert tiltak (kulturhistorisk perspektiv) Tiltak 1, 2, 4, 12, 13				187	47 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak
17	Kombinert tiltak. Tiltak 1, 3, 6, 12, 15 samt balansert ventilasjon med varmegjenvinner				115	29 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak



Figur 17 Redusering av nettoenergi behovet iht opprinnelig behov i prosent, rød linje tilsvarer dagens krav (TEK 10).

5.4 Tungt bindingsverkshus fra 1930-tallet

Tabell 10 Tungt bindingsverkshus geometri og egenskaper

Beskrivelse		
Oppvarmet bruksareal (BRA)	180	m ²
Oppvarmet volum	432	m ³
Lekkasjetall	10	h ⁻¹ (n ₅₀)
Kuldebroer	0,01	W/m ² K
Naturlig ventilasjon	0,5	m ³ /hm ²
Energibehov	417	[kWh/m ²]

Tabell 11 Bindingsverkshus: Bygningsdelenes areal og U-verdier

Bygningsdeler	Areal	U-verdi
	[m ²]	[W/m ² K]
Yttervegger	191	0,96
Vinduer/dører	36	2,6
Etasjeskiller mot kaldt loft	90	0,96
Etasjeskiller mot kjeller	90	0,96

5.4.2 Kulturhistoriske verdier

Den valgte bindingsverksbygningen har en fasade som har tidstypiske vinduer, men med ekstra varevinduer innvendig. Både glass, ramme og beslag er viktige komponenter i helheten. Forholdet mellom vegglinv og gesims, vinduer og grunnmur er også viktige verdier som bør bevares. Originale etasjeskiller, bjelkelag mot loft og mot kjeller har kun kulturhistorisk verdi i form av original teknisk utforming. Innvendig har ytterveggene original brystningspanel som er malt, gulvpanel og himling er av høy verdi og bør, hvis mulig, bevares.

5.4.1 Bygningsbeskrivelse

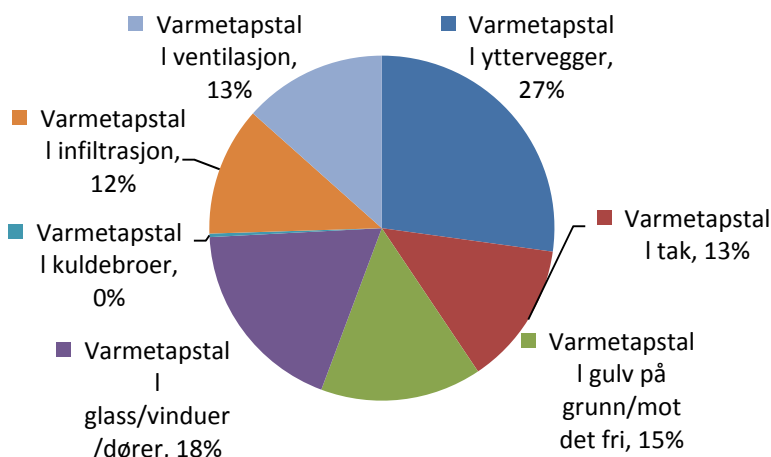
Det valgte bindingsverkshuset er i to etasjer. Etasjeskiller mot kjeller og kaldt loft har en stubbloftskonstruksjon med leirfylling, samt gulvbord respektive himling.

Veggen har innvendig og utvendig kledning med 2 lags papp samt et hulrom på 100 mm mellom kledning og panel. Bygningen har originale enkeltvinduer med innvendig ekstra varevinduer. Bindingsverkshuset er et en-families-hus, plassert i Oslo-klima og i åpenhage med full mulighet for solinnstråling.

Den valgte bindingsverksbygningen har innvendig og utvendig original panel og listverk som er bevaringsverdig.

5.4.3 Varmetap og energibesparing

Såsom for reisverkshus er varmetapet fordelt forholdsvis likt mellom de ulike postene, der også her yttervegger og vinduer utgjør den største parten.



Figur 19 Fordeling av varmetap på et tungt bindingsverkshus

5.4.4 Resultater av tiltak på et bindingsverkshus

Samtlige resultater er blitt beregnet iht. bygningens netto energibehov.

I likhet med andre bygninger vurderes temperaturstyring først (tiltak 1), besparingen i prosent er her det samme som for et reisverkshus (4%).

Tetting av lekkasjer (tiltak 2-3) fikk en reduksjon av energibehovet på 10 %, respektive 13 %, dette kan variere veldig beroende på bygning. Den termiske komforten forbedres også gjennom en redusering av trekk og eventuelle kalde gulv. Man må dog passe på å få tilstrekkelig med ventilasjon i boligen.

Etterisolering av vegg (tiltak 4-6) er et veldig gunstig tiltak, der mest mulig av veggene bør etterisolerers. Innvendig etterisolering (tiltak 4) kan utføres da utvendig etterisolering ikke er mulig, og er mindre problematisk på trehus enn murgårder.

Isolering av etasjeskillere mot loft og kjeller bør normalt være mulig (tiltak 7-12). Høyere gulvtemperatur i første etasje øker termisk komfort, og kan gjøre det mulig å senke romtemperaturen noe. Deler av besparelsen kan bli "spist opp" av økt behov for frostsikring i kjeller.

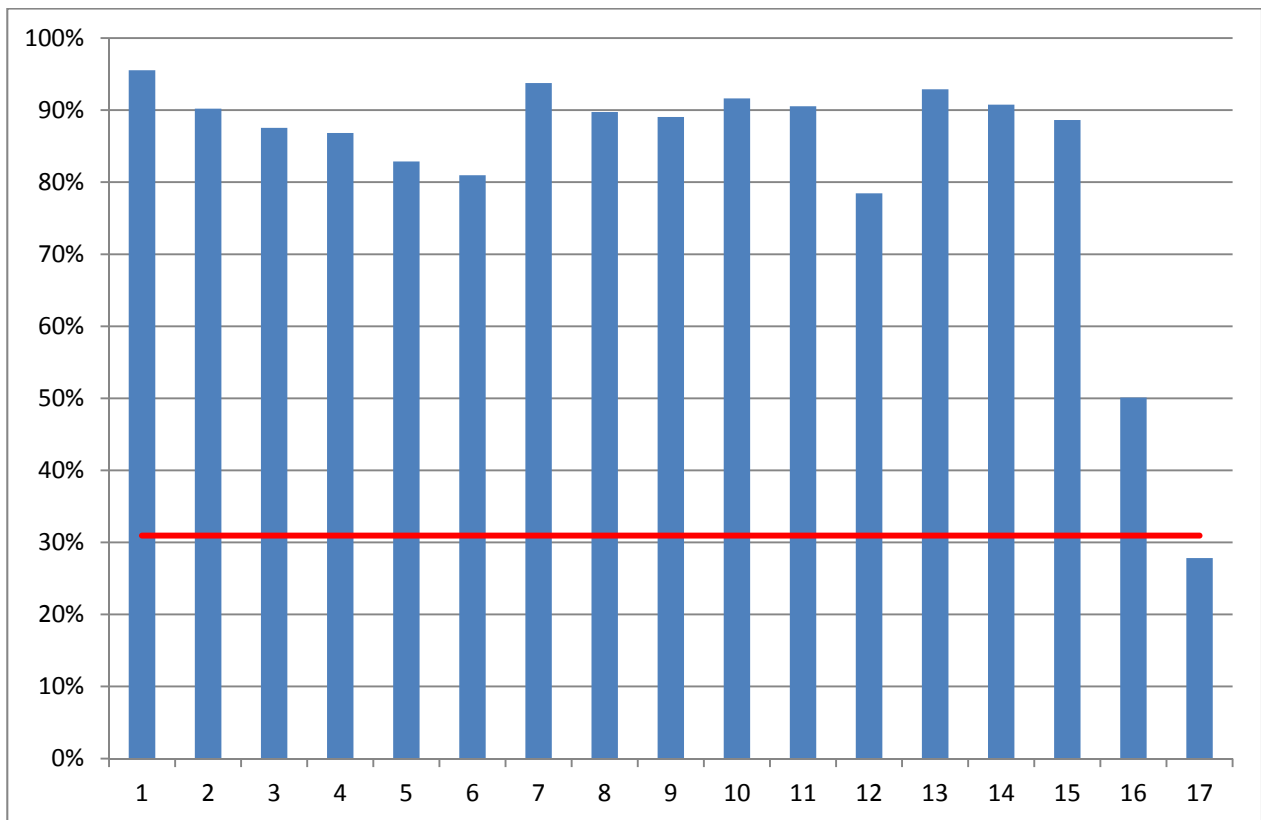
Innsetting av ny vareramme eller skifte av vinduer (tiltak 13-15) blir her ikke heller et like gunstig tiltak, da varmetapet på vinduer ikke er like stort som for laftet hus. Det må utføres en kombinasjon av tiltak i dette hus for å få ut en større energibesparing.

I utgangspunktet må man regne med at bygningen er underventilert, slik at det kan være behov for bedring av ventilasjonen. Dette kan bidra til å øke energibehovet dersom det ikke kan kompenseres ved varmegjenvinning av avkastluft.

Nr	Beskrivelse	Bygning sdel	Oppr U- verdi [W/m ² K]	Nytt U- verdi [W/m ² K]	Netto energibe- hov [kWh/m ²]	Netto energi- behov etter tiltak [%]	Risiko for konsekvenser for reduksjon av kultuhistoriske verdier	Risiko for bygningsfysiske skader
1	Nattsenking fra 21 til 19 °C	Temper- atur styring			399	96 %	Større temperaturforandringer kan gi, f eks, kondensskader eller oppsprekking av treverk i interiør eller dekor, og diskret montering av evt ventil og kanaler.	4.1. -
2	Tetting fra en infiltrasjon på 10 til 5 h ⁻¹ (n ₅₀) (halvering)	Tetting			376	90 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet.	4.2. Mulig risiko for redusering av luftskifte i boenhet.
3	Tetting fra en infiltrasjon på 10 til 2.5 h ⁻¹ (n ₅₀) (dagens krav)	Tetting			365	88 %	De- og remontering av lister og profilverk må gjøres med stor forsiktighet.	4.2. Mulig risiko for redusering av luftskifte i boenhet.
4	Etterisolering av alle vegger 50mm innvendig, 0.03 kuldebro	Vegg	0.96	0.47	362	87 %	Paneler, himlinger, gulvpanel, tapeter, brystning og listverk kan skades. Sekundæreffekt kan bli at fasadeelementer og dekor fukt- og frostskares.	4.9. Innvendig isolasjon kan gi fuktigere forhold ved opplaget av bjelkelaget, og økt fare for råteproblemer. Frostbestandigheten i ytre teglstein bør vurderes.
5	Etterisolering med 100mm på alle vegger utvendig	Vegg	0.96	0.31	346	83 %	Forholdet mellom vegg og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes.	4.9. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
6	Isolere utvendig 150mm eller blåse inn i hulrom i tillegg til 100 mm utvendig	Vegg	0.96	0.23	338	81 %	Forholdet mellom vegg og gesims, vinduer og grunnmur vil forandres, og evt detaljer flyttes. Tykkelsen på isolasjonen avgjør hvor stor forandringen vil bli.	4.9. Forholdet med takutstikk bør vurderes, og tiltak på dette utføres hvis utstikkets funksjon, å forhindre vanninntrenging i ytterveggen reduseres.
7	Blåse inn isolasjon over leire i stubbeloft	Gulv	0.96	0.5	391	94 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
8	Erstatte leire og hulrom med mineralull	Gulv	0.96	0.17	374	90 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
9	Fjerne stubblofts-leire og fyll med ny isolasjon og 200mm på underside.	Gulv	0.9	0.11	371	89 %	Originale bjelkelag bør ikke skades.	4.3. Tilstandsvurdering og skadevurdering ved opplag av bjelkelag samt fuktforhold i kjeller må utføres før tiltak
10	Etterisolering med 150mm på oversiden av etasje-skiller, med leire. Se anvisning for alternativer.	Tak	0.96	0.2	382	92 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	4.4 Fuktig inneluft kan trenge opp gjennom utettheter, avkjøles og avgi kondens, hvis ikke himlingen er tilstrekkelig lufttett
11	Etterisolering med 300mm på oversiden av	Tak	0.96	0.11	378	91 %	Originale bjelkelag bør ikke skades. Sekundæreffekter kan	4.4 Fuktig inneluft kan trenge opp gjennom utettheter, avkjøles og

	etasjeskiller, med leire. Se anvisning for alternativer.						forekomme hvis det utvikles fuktskader i treverk mot loft.	avgi kondens, hvis ikke himlingen er tilstrekkelig lufttett
12	Etterisolering med 300mm i gulv og tak	Gulv/Takk	0.96	0.11	327	78 %	Se tiltak 9 og 11.	4.3. og 4.4. Se tiltak 9 og 11
13	Skifte varevindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	2.6	1.6	388	93 %	Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspøster bør unngås. De nye varevinduene kan medføre en uønsket speileffekt i glassene.	4.10.
14	Utbedret koblet vindu: Utvendig enkeltglass, innvendig isolerglass	Vindu	2.6	1.3	379	91 %	Nytt glass må monteres uten å skade originalt tremateriale i vinduene. Forandringer av originalvinduets utforming som f. eks. karmen eller flytting av krysspøster bør unngås. De nye glassene kan medføre en uønsket speileffekt.	4.10.
15	Skifte vinduer eller varevindu, ifølge SINTEF prosjekt 3D1110	Vindu	2.6	1.0	370	89 %	Vinduer av stor kulturhistorisk verdi bør beholdes.	4.10.
16	Kombinert tiltak (kulturhistorisk perspektiv) Tiltak 1, 2, 4, 12, 13				209	50 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak
17	Komb. tiltak. Tiltak 1, 3, 6, 12, 15 samt balansert ventilasjon med varmegjenvinner				116	28 %	Se på hvert enkelte tiltak	Se på hvert enkelte tiltak

Tabell 12 Tiltak på et tungt bindingsverkshus



Figur 18 Redusering av nettoenergi behovet iht opprinnelig behov i prosent, rød linje tilsvarer dagens krav (TEK 10).

6 Konklusjoner

Hus er ulike både teknisk, arkitektonisk og bruksmessig. Før omfattende energisparetiltak gjennomføres på en bygning bør det utføres en grundig tilstandsvurdering av det enkelte huset og en nøye vurdering av hvilke tiltak man kan gjennomføre uten å skade bygningen. Eventuell begynnende frostskafer og råte bør kartlegges. En tilstandsvurdering bør, i tillegg til den allmenne tilstanden for bygningen, spesielt fokusere på forhold relatert til energiforbruk, slik som tetthet og ventilasjon. I tillegg er en vurdering av kulturhistoriske verdier som kan bli berørt av energisparetiltak samt skaderisiko i forhold til presumptive bygningsfysiske problemer relatert til energisparetiltak viktig. En tilstandsvurdering utføres av fagmann og bør gjennomføres i henhold til NS3424.

Det er spesielt viktig å lokalisere varmetapene i bygningen siden disse påvirker mulighetene for forbedringer av det totale varmetapet ved tiltak. Et ambisiøst tiltak på en bygningsdel kan kun redusere tapet på akkurat den bygningsdelen og trenger dermed ikke å medføre en vesentlig forbedring av det totale varmetapet for bygningen. Flere tiltak bør derfor ofte kombineres for å få god effekt, men effekten av enkeltstående sparetiltak kan ikke adderes. Vil man gjennomføre flere sparetiltak samtidig, må man være oppmerksom på at den samlede spareeffekten kan bli mindre enn summen av de beregnede innsparingseffektene for hvert enkelt tiltak.

Noen tiltak gir god effekt, men skader de kulturhistoriske verdiene i så stor grad at de bør frarådes til fordel for andre. Eksempel på dette er at etterisolering av loft og kjeller kan gi omtrent samme energisparing som etterisolering av yttervegger, men risikerer betydelig mindre reduksjonen i kulturhistoriske verdier. Enkelte tiltak kan gi spesielt økt risiko for bygningsfysiske skader. Etterisolering og tetting kan for eksempel gi fuktskader. Disse tiltak gir andre temperatur- og fuktforhold i bygningskonstruksjonene. Spesielt i eldre bygningskonstruksjoner som er ømfintlige for fuktvariasjoner, eller som har et fuktproblem fra før, bør man være varsom med å gjennomføre slike tiltak.

Noen tiltak, som gode brukervaner og temperaturstyring, er det fornuftig å gjennomføre for alle boliger. Andre tiltak kan ikke gjennomføres i en hvilken som helst bygning. Enkelte bygninger er det for eksempel ikke ønskelig å etterisolere på grunn av kulturhistoriske verdier eller høye kostnader, selv om isolasjonsstandarden er dårlig.

Større bygningstekniske eller installasjonstekniske tiltak bør vurderes kombinert med rehabiliteringsoppgaver som må gjøres uavhengig av eventuelle energisparende tiltak.

Rekkefølgen for tiltak bør bestemmes av hva som er mest skånsomt for bygningen og hva som gir best effekt. Temperatursenkning er derfor et naturlig første tiltak, deretter følger reversible tiltak og sist de kostbare og irreversible tiltakene som for eksempel etterisolering av bygningsdeler.

Tiltak 1, temperaturstyring

Temperaturstyring bør være det første tiltak som vurderes siden tiltaket er billig, energisparingen er betydelig og risikoen for skader eller reduksjon i kulturhistorisk verdi er liten. Ved å redusere den gjennomsnittlige innnetemperaturen uten at det går på bekostning av termisk komfort, kan man redusere oppvarmingsbehovet. En dårlig isolert bolig vil få større energisparing av et effektivt styringssystem på varmeanlegget enn en bra isolert. Et varmeanlegg som har natt og dagsenkning innebærer at man reduserer innnetemperaturen i de periodene når det ikke er behov for oppholdstemperatur på rommene. Som en tommelfingerregel sier man at energibehovet øker med rundt 5 % for hver grad økt innnetemperatur.

Tiltak 2, tetting av lekkasjer

Tetting av lekkasjer er billig, og gir god energisparing. Store lekkasjer med høy lufthastighet oppleves som trekk, og er den vanligste grunnen til klager på termisk komfort i bygninger, dermed kan også den termiske komforten forbedres ved slike tiltak. De fleste eldre bygninger har naturlig ventilasjon, der luftskiftet ikke kan styres. De drivende kreftene i avtrekksystemet er vind og inneluftens termiske oppdrift som varierer over året. Friskluft blir tilført gjennom ventiler og utettheter i bygningskonstruksjonen, som da kan reduseres ved tetting. En tilstandsvurdering av ventilasjonsgraden og luftlekkasjene i bygningen bør utføres for å forsikre at tilstrekkelig luftskifte tilfredsstilles. Hvis huset blir for tett og tiltak for å kompensere dette med ventiler eller mekanisk avtrekk ikke blir utført kan det påvirke innemiljøet negativt, med dårlig luftkvalitet og fuktproblemer som konsekvens. Tetting medfører ofte De- og remontering av profiler og listverk, noe som må gjennomføres med stor forsiktighet slik at ikke kulturhistoriske verdier går tapt.

Tiltak 3, etterisolering av etasjeskillere

Etterisolering av etasjeskillere mot loft og kjeller bør normalt være mulig, og gir god energieffektiviseringseffekt. Isolering på kald side anbefales her. Mest mulig av isolasjonen bør plasseres på utsiden av bærekonstruksjonen for å redusere kuldebroene og redusere faren for kondens- og fuktproblemer. Det er viktig at tetting av bygningen gjøres samtidig. Isolering av golvbjelkelaget mot kjeller gir ofte betydelig forbedret komfort og kan også gjøre det mulig å senke romtemperaturen noe. Isoleringen gir kaldere kjeller/loft og man bør sørge for god lufting. Det kan også oppstå et økt behov for frostsikring i kjeller. Videre kan etterisolering tette bygget og redusere utluftingen av kjeller, med økt risiko for fukt og soppvekst. Ved alle typer tetting og isolering oppstår et behov for å vurdere eventuelle fuktproblemer. I samband med disse tiltak bør økt fuktbelastning på loft og i kjeller vurderes av fagmann. Isolering av loftbjelkelag og golvbjelkelag mot kjeller er særlig attraktive tiltak fordi de ikke medfører store skader på kulturhistoriske verdier.

Tiltak 4, vinduer

Innsetting av varevinduer eller skifte av vinduer er gunstige tiltak, men siden risikoen for reduksjon av kulturhistoriske verdier er stor ved skifte av hele vinduer anbefales vanligvis kun skifte eller utbedring av varevinduer. Sammen med tetting kan det senere tiltaket fortsatt gi stor energibesparing. Dersom man har vinduer med enkelt glass, bør man sette inn et ekstra varevindu. På et koblet vindu med to vanlige glass kan samme tiltak utføres som ovennevnt. Vær oppmerksom på at skifte av vindu og tettingen av luftlekkasjer som dette medfører kan påvirke luftskiftet.

Tiltak 5, etterisolering av yttervegger

Utvendig etterisolering av yttervegger er et tiltak med god energieffektiviseringspotensiale og en fuktteknisk god løsning i de fleste tilfellene. Et problem er at varmeisolasjon krever plass, det endrer bygningens utseende samt store kulturhistoriske verdier i form av ornamentikk og dekor går tapt. På murgårder er gavlparterier, bakgårdsvegger og portrom muligens aktuelle for dette tiltak siden de sjelden er dekorert. Utvendig etterisolering er særlig aktuelt på vegger der behov av oppussing grunnet store skader allerede finnes.

Innvendig etterisolering av yttervegger gir god energisparing men øker risikoen for fukt- og frostskafer og gi betraktelig skader i interiøret. Ved etterisolering av gamle bygårder vil det i de fleste tilfellene bli økt risiko for fuktskader. Innmurte bjelkeender i kjellerbjelkelag og loftsbjelkelag er utsatt for råte. Disse bygningene bør vurderes nøye når man planlegger etterisolering, og selv små røteskader må tas alvorlig og utredes før etterisolering. Trehus er gjennomgående enklere å vurdere fuktteknisk enn murhus, særlig gjelder det ved innvendig isolering.

7 Litteraturliste

2005. *Godt nok!: en veileder om tiltak i boligbygg : høringsutgave mars 2005*, Oslo, BE.
- BJÖRK, C., REPPEN, L. & KALLSTENIUS, P. 2003. *Så byggdes husen 1880-2000: arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 120 år*, Stockholm, Rådet.
- BØHLERENGEN, T., FORSÉN, N., HVEEM, S., TORGENSEN, S. E. & HESTAD, T. 1995. *Rehabilitering av gamle bygårder*, Oslo, Norges Byggforskningsinstitutt.
- DRANGE, T., AANENSEN, H. O. & BRÆNNE, J. 2003. *Gamle trehus: historikk, reparasjon, vedlikehold*, [Oslo], Gyldendal.
- GRYTLI, E. 2004. *Fiin gammel aargang: energisparing i verneverdige hus : en veileder*, Trondheim, SINTEF, [Arkitektur og byggteknikk].

SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer

BYGGDETALJER 552.301. 1994. *Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 614.014 2007 *Bygningslovgivning og byggebestemmelser fra første halvdel av 1800-tallet til 1930*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 620.016 Større tiltak i eksisterende bygninger 2009 Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 700.601. 1996. *Rehabilitering av gamle bygårder*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 701.266. 2004. *Energisparende tiltak i boliger*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 722.506. 2004. *Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 723.305. 2007. *Eldre vegger av reisverk. Metoder og materialer*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 723.308. 2007. *Eldre yttervegger av mur og betong- Metoder og materialer*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 723.312. 2003. *Etterisolering av betong-og murvegger*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 723.511. 2004. *Etterisolering av yttervegger av tre*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 725.403. 2005. *Etterisolering av tretak*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 733.161. 1989. *Eldre vinduer. Vindusformer og materialer*. Oslo: SINTEF Byggforsk

BYGGFORVALTNING 733.162. 2004. *Utbedring av eldre trevinduer*. Oslo: SINTEF

8 Figurer

Figur 1 Fireetasjes murgård i Oslo (Foto: byggogbevar.no)	8
Figur 2 Vindusomfatning på murgård (Foto: NIKU)	8
Figur 3 Trehus med kraftig takutstikk (t.v), laftet hus uten kledning samt trehus med karakteristisk fargesetting i bymiljø (t.h) (Foto: NIKU)	9
Figur 4. Oppbygging av reisverksvegg. (Frøstrup: Rehabilitering- konstruksjoner i tre)	10
Figur 5 Luftlekkasjer mellom etasjene i en murgård (Byggforvaltning 700.601)	13
Figur 6 Eksempel på isolering på undersiden av trebjelkelag utført med ny, nedforet himling. (Byggforvaltning 722.506, figur 413)	14
Figur 7 Eksempel på innblåsning av isolasjoni hulrom i etasjeskiller (Byggforvaltning 722.506)	14
Figur 8 Effekten av utvendig og innvendig etterisolering (Byggforvaltning 723.312).	16
Figur 9 Utvendig isolering av laftet vegg. Detalj av avslutning i bunn av veggen (Byggforvaltning 723.511)	17
Figur 10 Etterisolering av reisverksvegg med innblåsning og utvendig påføring (Byggforvaltning 723.511)	19
Figur 11 Kombinert innvendig og hulromsisolering på bindingsverksvegg (Byggforvaltning 723.511)	22
Figur 12 Fordeling av varmetap på et laftet hus	25
Figur 13 Energiforbruk i prosent i forhold til den opprinnelige bygningen for forskjellige tiltak	28
Figur 14 Fordeling av varmetap på et laftet husResultater av tiltak på et laftet hus	30
Figur 15 Redusering av varmebehovet iht opprinnelig behov i prosent.	33
Figur 16 Fordeling av varmetap på et reisverkshus	2
Figur 17 Redusering av varmebehovet iht opprinnelig behov i prosent.	4
Figur 18 Redusering av varmebehovet iht opprinnelig behov i prosent.	5