

Miljøverndepartementet

Mer kunnskap om energieffektivisering i eksisterende bygningsmasse

**Potensial for energisparing for et utvalg
bygningstyper med og uten hensyn til
kulturminnevern. Beskrivelse av tiltak og beregning
av lønnsomhet.**

2011-12-02 Oppdragsnr.: 5111370

Forord

Denne rapporten er utarbeidet av Norconsult og Miljøanalyse på oppdrag fra Miljøverndepartementet, MD oppdrag nummer 40336. Miljøverndepartementet ønsket utvidet kunnskap om virkningen av å øke energieffektiviteten i eksisterende bygningsmasse i forhold til tap av kulturhistoriske verneverdier.

Arbeidet er utført i april – september 2011. Rapporten er utarbeidet av:

Ingrid Hole, Norconsult AS (prosjektleder)
Thomas Martinsen, Miljøanalyse
Ingve Olai Ulimoen, Norconsult AS
Marianne Knutsen, Norconsult AS
Grete Kjeldsen, Norconsult AS

Rev. 02.12.2011	Dato: 01.07.2011	Beskrivelse	Utarbeidet: Hole/Martinsen <sign.>	Fagkontroll: Kjeldsen <sign.>	Godkjent: Hole <sign.>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1	Innledning	7
2	Potensial for energisparing og energieffektivisering	8
2.1	Beregnet besparelse for eksempelbyggene	8
2.2	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	13
2.3	Potensial for energieffektivisering	15
2.4	Barrierer mot implementering av energisparetiltak	18
2.5	Muligheter for alternative energikilder	19
2.6	Miljøvurdering av tiltakene	20
2.7	Vurdering av tiltakenes påvirkning på byggets levetid	22
2.8	Behov for ytterligere kunnskap	22
3	Bakgrunn	23
3.1	Vern og fredning - begreper	23
3.2	Lavenerginivå	23
3.3	Krav i byggeforskrifter	24
4	Tiltak på eksisterende bygninger	25
4.1	Luftskifte	25
4.2	Tettetiltak	26
4.3	Utbedring av vinduer	27
4.4	Etterisolering av tak, fasader og gulv	27
4.5	Oppvarming og belysning	28
4.6	Produktutvikling	29
4.7	Geografiske forskjeller	29
4.8	Typiske kulturminnefaglige anbefalinger	29
5	Murgårder fra 1800-tallet	31
5.1	Byggeskikk	31
5.2	Eksempelbygget	31
5.3	Vernekrav	33
5.4	Tiltak	34
5.5	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	36
6	Panelte tømmerhus fra før 1900	38
6.1	Byggeskikk	38
6.2	Eksempelbygget	38
6.3	Vernekrav	39
6.4	Tiltak	40
6.5	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	42
7	Eneboliger fra 1900-1940	44
7.1	Byggeskikk	44
7.2	Eksempelbygget	44
7.3	Vernekrav	46
7.4	Tiltak	46
7.5	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	48

8	Førkrigs leiegårder	50
8.1	Byggeskikk	50
8.2	Eksempelbygget	50
8.3	Vernekrav	51
8.4	Tiltak	52
8.5	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	54
9	Boligblokker fra 1950-1970	56
9.1	Byggeskikk	56
9.2	Eksempelbygget	56
9.3	Vernekrav	57
9.4	Tiltak	58
9.5	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	60
10	Husbankhus fra 1950-1970	61
10.1	Byggeskikk	61
10.2	Eksempelbygget	61
10.3	Vernekrav	62
10.4	Tiltak	63
10.5	Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern	65
11	Referanser	67

- Vedlegg:**
- 1: Beregningsforutsetninger for energiberegning
 - 2: Beregningsforutsetninger for lønnsomhetsberegninger
 - 3: Kostnader som grunnlag for lønnsomhetsberegninger
 - 4: Oppsummering av inndata i energiberegninger

Sammendrag

For seks konkrete eksempelbygg av ulike bygningstyper er det sett på hvilke energisparende tiltak som er nødvendig å utføre for at bygget skal tilfredsstille kriterier for lavenerginivå. For de samme byggene er energisparepotensialet beregnet for tiltak hvor hensyn til kulturminnevern legges til grunn. Basert på tilgjengelig nasjonal statistikk over eksisterende bygningsmasse er reduksjonen i energisparepotensiale estimert. Resultatene er relatert til Arnstadutvalgets rapport.

Bygningstypene er valgt av Miljøverndepartementet og eksempelbyggene er valgt ut i samarbeid med Riksantikvaren. Det er gjort beregninger og vurderinger for følgende bygningstyper:

- Murgård fra 1800-tallet
- Panelt tømmerhus fra før 1900
- Enebolig fra perioden 1900-1940
- Førkrigs leiegårder
- Boligblokker fra perioden 1950-1970
- Husbank hus fra perioden 1950-1970

Det er forutsatt at alle bygningstypene inneholder boliger.

Beregningene uten kulturhistoriske hensyn viser at det er utfordrende å oppgradere byggene til lavenerginivå: det er nødvendig med relativt store isolasjonstykkelser på alle bygningsdeler, utskifting av vinduer til trelags glass med isolert karm og ramme, montering av termostater på oppvarmingspunkter og ev. samtidig skifte ut oppvarmingspunktene hvis montering av termostater krever det. Nødvendig isolasjonstykkelse for etterisolering avhenger blant annet av geometrien på bygget, andel vindusareal og konstruksjonstyper. For de største byggene med kompakt bygningsform er det ikke nødvendig med like store isolasjonstykkelser som for de mindre og mindre kompakte byggene. Nødvendige isolasjonstykkelser er ca. 300 – 450 mm mot kaldt loft/i tak, 200 – 400 mm i etasjeskiller mot kald kjeller og 150 – 300 mm isolasjon i yttervegg. Beregningene gjelder for Oslo-klima. Fordi vurdering mot lavenergistandard skal gjøres for lokalt klima, vil andre isolasjonstykkelser gjelde for annen geografisk beliggenhet.

Dernest er det forutsatt aktuelle vernekrav for hvert av eksempelbyggene. Typiske krav er bevaring av vinduer, dører, omramninger, utvendig fasade og arkitektonisk uttrykk. Kravene vil kunne medføre at isolering av yttervegger må skje fra innvendig side. Av hensyn til reduksjon i gulvareal og fukt- og frostsikkerhet må isolasjonstykkelsen for ytterveggene reduseres i forhold til utvendig isolering. Isolasjonstykkelsene som er forutsatt er likevel så store at etterisoleringen kan gi utfordringer mht. boareal og for lav romhøyde på loft og i kjeller for boder. Vernekravene medfører ofte også at vinduer ikke kan skiftes, slik at det i stedet må monteres ekstra glass eller ruter på innvendig side av eksisterende rute/glass.

Ut fra byggets opprinnelige energistandard vil netto energibehov kunne reduseres med 59 – 82 % ved oppgradering opp til lavenergistandard uten hensyn til vernekrav. Legges de foreslåtte vernehensyn til grunn faller reduksjonen med 5 – 17 prosent. Den reduserte energibesparelsen for de utvalgte bygningskategorier er estimert til 0,04 – 0,9 TWh/år ved sammenlikning med lavenergikrav. Total redusert energibesparelse etter gjennomføring av tiltak på alle bygg i kategoriene er estimert til 2,8 TWh/år. Sammenliknet med Arnstadutvalgets totale estimat i 2040 (40 TWh/år) blir redusert energibesparelse 0,1 – 2 TWh/år for de enkelte kategoriene. Totalen nasjonalt blir da 7 TWh/år. Arnstadutvalget forutsetter imidlertid $\alpha + +$ nivå som krever andre tiltak enn kun de bygningsmessige. Estimer for oppvarmet areal viser at de utvalgte bygningskategoriene utgjør relativt små andeler av total stående bygningsmasse. Spesielt for de

eldste byggene kan potensialet for energisparing for enkeltbygg være betydelig, men bidraget til nasjonal reduksjon likevel være relativt lite. Lønnsomhetsberegningene viser at nedbetalingstiden for de eldste byggene er på ca. 20 – 30 år forutsatt vernehensyn. For de andre byggene vil ikke de angitte tiltakene være lønnsomme. Dersom tiltakene initieres av vedlikeholdsbehov vil nedbetalingstiden bli betydelig redusert. Det er gjort beregning for ett av eksempelbyggene; førkrigs leiegård. Nedbetalingstiden ble beregnet til 5 til 14 år.

For eksempelbyggene er det forutsatt at de har opprinnelige konstruksjoner og komponenter som vinduer og dører. I praksis har mange slike bygg gjort etterisoleringstiltak, rehabiliteringer eller ombygging eller påbygging. Estimering av noen tiltak som typisk er gjennomført reduserer spesifikt netto energibehov med 5 – 25 %. Dette er imidlertid fremdeles vesentlig høyere enn middelverdien for energibehov estimert av Statistisk Sentralbyrå og den Arnstadutvalget har lagt til grunn. Forskjellen kan dels forklares ut fra at enkelte av bygningskategoriene er lite representert i det statistiske grunnlaget og at bruken av bygg avviker fra de standardiserte beregningsverdiene.

Rapporten har hovedfokus på netto energibehov i henhold til oppgaveteksten for oppdraget. To eksempelberegninger for levert energi, dvs. men hensyn til valg av oppvarmingskilde, viser at det er mulig å komme ned til lavenerginivå med bergvarmepumpe, forutsatt at det er utført bygningsmessige tiltak som angitt med hensyn til vernekrav.

Denne studien viser at det å oppgradere eldre bygninger til lavenergistandard krever omfattende tiltak. Ved vektlegging av kulturminnevern vil det være nødvendig å etterisolere innvendig med så store isolasjonstykkelser at bruksarealet og romhøyde vil reduseres betydelig. Redusert bruksareal og installasjon av balansert ventilasjonsanlegg for å gjenvinne varmen i avtrekksluften vil være en barriere, fordi installasjonen er plasskrevende og vil også medføre redusert takhøyde og omfattende innkassing av kanaler. Det er likevel mulig å redusere energibehovet noe sammenliknet med dagens middelverdi samtidig som hensynet til kulturminnevern vektlegges. Reduksjonen i effektiviseringsgevinst ved vektlegging av kulturminnevern er relativt liten.

Kostnadseffektiviteten for tiltakssettene som er vurdert gjennomført med hensyn til kulturminnevern er generelt bedre enn tiltakssettene som utelukkene fokuserer på å nå lavenergistandard. Ingen av tiltakssettene vil imidlertid være lønnsomme dersom tiltakene ikke utløses av vedlikeholdsbehov, eventuelt ha svært lang nedbetalingstid.

1 Innledning

Miljøverndepartementet ønsker utvidet kunnskap om virkningen av å øke energieffektiviteten i eksisterende bygningsmasse i forhold til tap av kulturhistoriske verneverdier. Norconsult og Miljøanalyse har på oppdrag fra Miljøverndepartementet vurdert potensialet for energibesparelse og energieffektivisering for et utvalg bygningstyper med og uten hensyn til vernekrav.

Beregningene og vurderingene er gjort for et utvalg bygningstyper med utgangspunkt i eksempelbygg. Følgende bygningstyper er omtalt:

- Murgård fra 1800-tallet
- Panelt tømmerhus fra før 1900
- Enebolig fra perioden 1900-1940
- Førkrigs leiegårder
- Boligblokker fra perioden 1950-1970
- Husbankhus fra perioden 1950-1970

Det er forutsatt at alle bygningstypene inneholder boliger.

Eksempelbyggene og tilhørende aktuelle vernekrav er fastsatt i samarbeid med Miljøverndepartementet og Riksantikvaren. For enkelte av eksemplene er det tatt utgangspunkt i konkrete bygg. Andre eksempelbygg er fastsatt ut i fra typisk byggeskikk og geometri for aktuell tidsperiode. Definerings av eksempler inkluderer blant annet konstruksjonstyper, materialbruk, størrelse, kompaktet og vindusareal.

Det er gjort en vurdering av nødvendige tiltak for å heve energistandarden for de aktuelle byggene opp til lavenerginivå uten hensyn til verneverdi. Videre er det gjort en vurdering av hvilke energisparetiltak som er mulige når man tar hensyn til aktuelle vernekrav for de ulike bygningstypene. Det er kun tatt hensyn til mulige utvendige vernekrav, ikke innvendige.

For begge settene med tiltak er det beregnet mulig besparelse i årlig energibehov, samt gjort beregning av nedbetalingstid for tiltakene. Besparelsen i energibehov er gjort ut ifra en betraktning av netto energibehov. Det er i tillegg gjort en vurdering av hvordan utskifting av oppvarmingskilde kan påvirke energibesparelsen.

Tiltakene kan delvis gi praktiske utfordringer som for eksempel reduksjon av bruksareal eller umuliggjøre bodareal på kaldt loft. Det er forutsatt slike omfattende tiltak for å kunne vurdere hvor nær lavenergi-standard det er mulig å komme, forutsatt aktuelle vernekrav. Til slutt i rapporten er ulike barrierer mot å gjennomføre tiltakene diskutert.

Beregningsresultater og vurderinger er gitt i kapittel 2. Forklaring av begreper er gitt i kapittel 3 og generell vurdering av tiltak er gitt i kapittel 4. Beregningsgrunnlag med beskrivelse av eksempelbygg og utførelse av tiltakene, er gitt i eget kapittel for hvert eksempelbygg til slutt i rapporten, se kapittel 5 - 10.

2 Potensial for energisparing og energieffektivisering

Potensialet for energisparing og energieffektivisering avhenger av mange faktorer. Det inkluderer byggets opprinnelige energistandard, rehabilitering gjennomført i løpet av byggets historie og ikke minst hvordan bygget brukes i dag. De to potensialene vil også være forskjellige. Mens potensialet for energisparing avhenger av fysiske begrensninger er potensialet for energieffektivisering også avhengig av at tiltakene som gjennomføres er økonomisk lønnsomme. Hovedfokus i denne rapporten er potensialet for energisparing og hvordan hensyn til kulturminnevern kan påvirke potensialet. Kostnadseffektiviteten for de enkelte tiltakene er også estimert. Gjennomgangen av tiltak og beregningene av kostnadseffektivitet gir en bakgrunn for å vurdere om gjeldende politikk relativt til målsetninger om å utløse tiltak i de beskrevne bygningskategoriene. Slike vurderinger er ikke inkludert i denne rapporten. De enkelte tiltak vil i tillegg til krav om lønnsomhet fra investors side, kunne møte på andre barrierer som hindrer utløsning av tiltaket. Barrierer som er spesielt relevante for de utvalgte bygningskategorier, muligheter for alternativ energikilder og en samlet miljøvurdering er kort diskutert.

2.1 BEREGNET BESPARELSE FOR EKSEMPELBYGGENE

Bygg oppført før byggeforskriften av 1949 kom hadde i praksis ingen eller lite krav til varmeisolering og med dagens krav til komfort blir potensialet for energisparing stort, se tabell 1 og fig. 1. Ut fra byggets opprinnelige energistandard vil netto energibehov kunne reduseres med 59 – 82 %. Legges de foreslåtte vernehensyn til grunn faller reduksjonen med 5 – 17 prosentpoeng. Energibehovet kan imidlertid fremdeles mer enn halveres for bygg oppført før 1940. Disse kategoriene har også dårligst energistandard i utgangspunktet.

Spesifikt, netto energibehov er dermed også vesentlig høyere for de eldste byggene. Beregnet årlig, spesifikt, netto energibehov før og etter tiltak er gitt i tabell 2 og fig. 2. Totalt energibehov inkluderer oppvarming av rom- og ventilasjonsluft, oppvarming av varmt forbruksvann, eventuell viftedrift og energibehov til belysning og utstyr. Tabellen viser også andelen av det totale årlige energibehovet som går til oppvarming. For enkelte av kategoriene er det gjort beregninger for to alternative tiltak med hensyn til verneverdi. Tiltakene er beskrevet i kapitlene for hvert eksempelbygg, se kapittel 5 – 10.

Tallene i tabell 2 gjelder for de konkrete eksempelbyggene. For andre bygg innenfor samme bygningstype kan resultatene bli noe annerledes. For eksempel kan formen på bygget, eventuelt tiliggende oppvarmet nabo, geografisk beliggenhet og andel vindusareal påvirke resultatet.

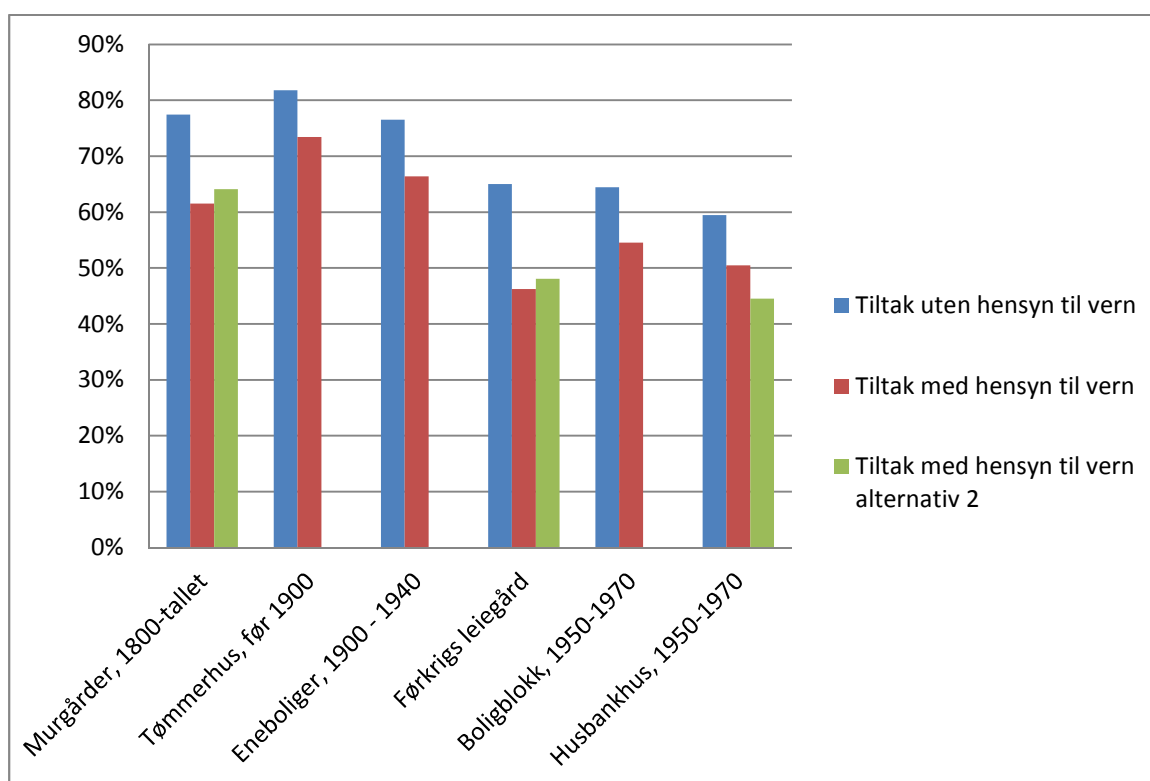
Beregningene viser at geometrien, størrelsen og dermed kompaktheten til bygget, i tillegg til opprinnelig energistandard, påvirker hvor omfattende tiltak som må gjennomføres for å oppnå lavenerginivå. For de største byggene med kompakt bygningsform er det ikke nødvendig med like store isolasjonstykkelser som for de mindre og/eller mindre kompakte byggene, se kapittel 5 – 10.

Tabell 1: Prosentvis reduksjon i netto energibehov ved ulike sett med tiltak.

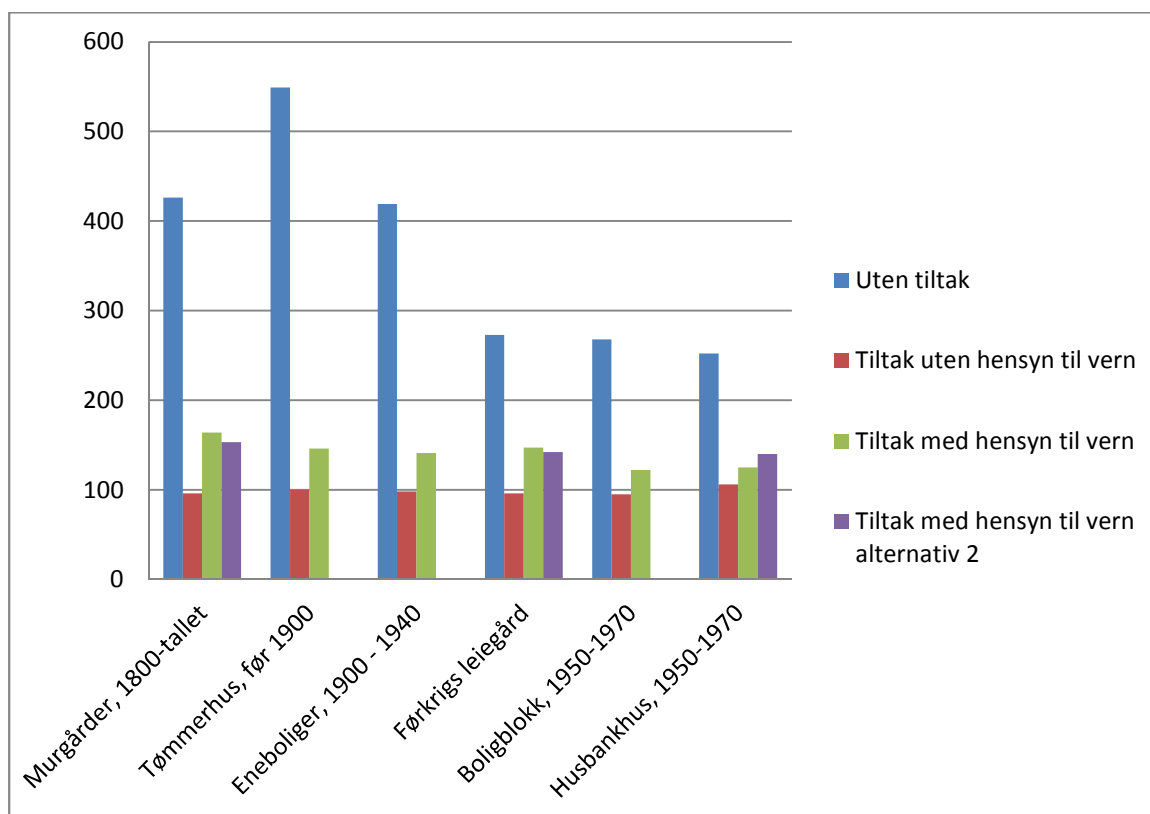
Bygningsskategorie	Prosent reduksjon uten vernehensyn	Prosent reduksjon med vernehensyn	Prosent reduksjon med vernehensyn alt.2
Murgårder fra 1800-tallet	77 %	62 %	64 %
Panelte tømmerhus fra før 1900	82 %	73 %	
Eneboliger 1900 - 1940	77 %	66 %	
Førkrigs leiegårder	65 %	46 %	48 %
Boligblokker 1950 - 1970	64 %	55 %	
Husbankhus 1950 - 1970	59 %	50 %	45 %

Tabell 2: Beregnet spesifikt, netto energibehov før og etter tiltak (kWh/m² pr. år).

	Murgårder fra 1800-tallet	Panelte tømmerhus før 1900	Eneboliger fra 1900 - 1940	Førkrigs leiegårder	Boligblokker fra 1950 - 1970	Husbankhus fra 1950 - 1970
Energibehov før tiltak						
Totalt	426	549	419	273	268	252
Oppvarming	356	479	349	202	198	182
Energibehov etter tiltak, med vernehensyn						
Totalt	164	146	141	147	122	125
Oppvarming	105	87	82	87	64	67
Energibehov etter tiltak, med vernehensyn, alternativ 2*						
Totalt	153 ¹⁾			142 ¹⁾		140 ²⁾
Oppvarming	94			83		81
Energibehov etter tiltak, uten vernehensyn						
Totalt	96	100	98	96	95	106
Oppvarming	30	36	34	29	30	41
¹⁾ En langvegg utvendig isolert ²⁾ Utvendig isolering						



Figur 1: Prosentvis reduksjon i netto, spesifikt energibehov (kWh) i forhold til opprinnelig standard



Figur 2: Spesifikt, netto energibehov (kWh/m²) før og etter tiltak

En stor del av eksisterende bygningsmasse innenfor de bygningskategoriene og bygningstypene som er omhandlet i denne rapporten har allerede gjennomgått en rehabilitering eller enkle etterisoleringstiltak. Dette kan være for eksempel å skifte vinduer. Beregnet årlig energibehov for opprinnelig bygg i tabell 2 vil dermed være noe for høy for disse byggene.

Omfang og type tiltak som er utført vil være svært varierende, og energieffektiviteten vil være avhengig av blant annet opprinnelig løsning, geometri og beliggenhet. Tabell 3 viser beregnet netto energibehov for noen valgte, typiske enkle tiltak som kan være gjennomført tidligere. Netto, spesifikt energibehov ved de enkle tiltakene er 5 – 25 % lavere enn opprinnelige verdier, avhengig av opprinnelig energistandard og av hvilke tiltak som er gjennomført.

Tabell 3: Beregnet årlig, spesifikt, netto energibehov forutsatt at det er gjennomført typiske, enkle tiltak, sammenstilt med verdier ved tiltak med vernehensyn iht. tabell 2.

Bygningstype Tiltak	Opprinnelig bygg kWh/m ² pr år	Ved oppgitte, enkle tiltak kWh/m ² pr år	Tiltak ved vernehensyn kWh/m ² pr år
Murgårder fra 1800-tallet	426		164
a) Endret fra ettlags glass til tolags glass (skiftet vindu eller satt inn ekstra ramme):		350	
b) I tillegg blåst inn 50 mm isolasjon over stubbeloftsleire i bjelkelag mot loft og kjeller:		325	
Panelte tømmerhus fra før 1900	549		146
a) Endret fra ettlags glass til tolags glass (skiftet vindu eller satt inn ekstra ramme):		480	
b) I tillegg blåst inn 50 mm isolasjon over stubbeloftsleire i bjelkelag mot loft og kjeller:		415	
Enebolig fra perioden 1900-1940	419		141
a) Skiftet fra opprinnelig tolags glass til nyere med LE-belegg:		400	
b) I tillegg blåst inn 50 mm isolasjon over stubbeloftsleire i bjelkelag mot kjeller:		370	
Førkrigs leiegårder	273		147
a) Skiftet fra opprinnelig tolags glass til nyere med LE-belegg:		255	
b) I tillegg etterisolert innvendig med 50 mm utlekting:		225	
Boligblokker fra perioden 1950-1970	268		122
a) Skiftet fra opprinnelig tolags glass til nyere med LE-belegg og argongass:		248	
b) I tillegg etterisolert innvendig med 50 mm utlekting:		214	
Husbank hus fra perioden 1950-1970	252		125
c) Skiftet fra opprinnelig tolags glass til nyere med LE-belegg og argongass:		230	
d) Lagt ut 150 mm tykke isolasjonsmatter på loftet:		218	

I henhold til Statistisk Sentralbyrå (SSB) er gjennomsnittlig levert energi til bygg med byggeår før 1931 189 kWh/m² år. For bygg fra perioden 1931 – 1954 er gjennomsnittlig levert energi 197 kWh/m² år, mens det for perioden 1955 – 1970 er igjen estimert til 189 kWh/m² år. Det er lavere enn hva som oppnås med de enkle tiltakene som er beskrevet. For bygg fra før 1940 er det betydelig lavere. I utvalget er det imidlertid veldig få leilighetsgårder fra før 1900. Det er heller ikke tilstrekkelig antall eneboliger til å trekke konklusjoner mht. byggenes energiytelse som følge av rehabilitering. SSB har beregnet gjennomsnittlig levert energi ut fra målinger og ikke basert på beregninger som i tabell 2. Det er en rekke andre årsaker til at faktisk levert energi vil kunne avvike til dels betydelig fra beregningene. Noen av usikkerhetsmomentene er:

- Innnetemperatur; lavere innnetemperatur enn standard temperatur på 21 °C, som det er forutsatt i beregningene, vil gi lavere energibehov. Videre vil eventuelle soner/rom i bygget med lavere temperatur, eller senking av temperaturen om natten, ha betydning.
- Utetemperatur; i beregningene er det forutsatt middeltemperatur, dvs. lik Oslo-klima. Annet årsmiddeltemperatur vil gi annet energibehov.
- Kompaktheten til bygningsformen; Kompaktheten forteller om areal av ytterflater i forhold til oppvarmet gulvareal. Større areal av ytterflater gir økt energibehov.
- Areal pr. person; Standard verdier for utstyr og varmtvann gjelder pr. m² BRA. Det er dermed forutsatt likt areal pr person for alle beregninger. Et annet areal pr. person gir annet energibehov.
- Bruksmønster; bruk av bygget, teknisk utstyr, belysning og forbruk av varmtvann påvirker energibehovet.
- Infiltrasjon og ventilasjon; tall for infiltrasjon og ventilasjon, spesielt for eldre bygninger, er svært usikkert. Tallet avhenger av utførelse, konstruksjonstype, geografisk beliggenhet og skjermingsforhold. En endring av lekkasjetallet og luftmengder for ventilasjonen kan gi relativt stor endring i energibehovet.
- Omfang av vinduslufting; Luftskifte via vinduslufting varierer fra bolig til bolig, og er et usikkerhetsmoment i beregningene. Etter at etterisoleringstiltak er gjennomført vil varmetapet reduseres. I hvilken grad man vil øke vindusluftingen som følge av økt innnetemperatur høst og vår er usikkert.
- Solskjerming; Energitilskudd fra solen påvirker oppvarmingsbehovet. Graden av solskjerming i form av horisontavskjerming, avskjerming fra nabobygninger og persiener, markiser, gardiner m.m. påvirker derfor energibehovet.
- Ildsteder; for bygg som helt eller delvis varmes opp med ildsted vil ikke strømgeregningen (ev. annen energi) gjenspeile energibehovet.
- Type oppvarmingskilde og varmedistribusjonssystem har betydning for systemtap, noe som ikke inkluderes i netto energibehov.

Selv om vi tar hensyn til faktorene nevnt over vil midlere spesifikk levert energi fra SSB være lavere enn den som er beregnet for eksempelbyggene. Av de som har svart på SSBs forbruksundersøkelse er det bare 2 % som oppgir at de fremdeles har 1-lags glass i vinduene. Videre er det bare 1 % av de som har svart som karakteriserer isolasjonen som svært dårlig. For bygg fra før 1900 er det imidlertid mer enn 50 % som karakteriserer isolasjonen i bygget som middels eller dårlig. Den beregnede verdien er med andre ord en maksimalverdi for de enkelte kategoriene.

Som et gjennomsnitt for alle bygg som er rehabilitert er 160 kWh/m² år estimert. Det er ikke tilstrekkelig informasjon tilgjengelig til nærmere å bestemme gjennomsnittlig levert energi til de enkelte kategoriene utover at den vil ligge mellom disse to ytterpunktene. Videre er det sannsynlig at de eldste byggene også har høyest gjennomsnittsverdi.

2.2 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLEGGING AV KULTURMINNEVERN

I kapittel 2.1 er det oppgitt beregnet energibehov for eksempelbyggene forutsatt ulik grad av forbedring. I dette kapitlet ser vi nærmere på hvordan beregningsresultatene kan påvirke nasjonale estimater for energieffektivisering. Innenfor rammene for dette prosjektet er det ikke mulighet til nøyaktige beregninger fordi datagrunnlaget, spesielt mht. at oppvarmet areal for de utvalgte bygningskategoriene er estimert ut fra flere kilder som ikke nødvendigvis er konsistente. I samsvar med diskusjonen over har vi derfor fokusert på yttergrensen, det vil si maksimum for den relative effekten av å vektlegge kulturminnevern. Den relative effekten er ikke beheftet med samme usikkerhet som et estimat for den totale reduksjonen. For å sammenlikne reduksjonen i potensialet med tidligere estimater er vi også avhengig av å kjenne nasjonale estimat for energieffektiviseringspotensialet. Vi har valgt å ta utgangspunkt i rapporten fra Arbeidsgruppen for energieffektivisering av bygg [10] nedsatt av Kommunal og regionaldepartementet (KRD), kalt Arnstadutvalget.

Arnstadutvalget har beregnet energisparepotensialet i bygningsmassen frem til 2040. I den beregningen inngår estimater for nybygging og avgang av gamle bygg gjennom riving, brann o.l. De estimerer en avgang på 0,6 % av den til enhver tid eksisterende bygningsmassen. I våre beregninger er både nybygging og avgang satt til null. Ettersom nye bygg med bedre energieffektivitet i noen grad vil erstatte eksisterende bygg bidrar det til en overestimering. Effekten er trolig liten, men konsistent med ønsket om å finne den maksimale effekten av å vektlegge kulturminnevern.

Utgangspunktet for estimering av potensialet for reduksjon i levert energi er gjennomsnittlige verdier for spesifikt energibehov og oppvarmet areal. Estimat for oppvarmet areal i de enkelte bygningskategoriene er gitt i de respektive kapitler. Det gjennomsnittlige spesifikke energibehovet er, av Arnstadutvalget, beregnet ut fra statistikk for totalt levert energi og totalt oppvarmet boligareal. De oppgir et snitt for spesifikt energibehov på 201 kWh/m² år. Gjennom nye krav i Teknisk forskrift vil gjennomsnittet reduseres. Ved antatt revidering av Teknisk forskrift blir kravene strengere for bygg som rehabiliteres etter hhv. 2012, 2017 og 2020. Arnstadutvalget har ved hjelp av prosentvis andel som rehabiliteres estimert utviklingen i bidraget til energisparing nasjonalt. I energiberegningene i denne rapporten er det antatt at alle bygg rehabiliteres til et gitt nivå; lavenerginivå. Estimatet for redusert energibesparelse kan derfor bare i prinsippet sammenliknes med Arnstadutvalgets estimat for 2040. Dette er også konsistent med ønsket om å estimere den maksimale virkningen av å vektlegge hensyn til kulturminnevern. Videre er det definert et krav til spesifikt energiforbruk helt nede på 30 kWh/m² år, se tabell 4. Vurderinger knyttet til et lavere nivå enn B er utenfor mandatet til dette prosjektet. For eksempelbyggene er det derfor ikke vurdert. Det diskuteres likevel kort hvordan dette kan påvirke det nasjonale estimatet for redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern.

Tabell 4: Estimerte energinivåer iht. Arnstadutvalget [10]

ε	Snitt for eksisterende bygg	201 kWh/m ² år
Δ	Estimert energibruk etter konvensjonell rehabilitering	160 kWh/m ² år
γ	Dagens forskriftsnivå (TEK10)	120 kWh/m ² år
B	Lavenerginivå i henhold til NS 3700 og NS 3701.	95 kWh/m ² år
α	Passivhusnivå i henhold til NS 3700 og NS 3701.	70 kWh/m ² år
α +	«Nesten nullenerginivå» i henhold til revidert bygningsenergidirektiv. Som her er tolket til å tilsvare passivhus der en betydelig andel av varmebehovet er dekket med lokal fornybar energi.	55 kWh/m ² år
α + +	Et nivå bedre enn α+, der også en betydelig del av elektrisitetsbehovet dekkes av lokal fornybar energi (sol, vind, mv.).	30 kWh/m ² år

Redusert energisparing ved vektlegging av kulturminnevern er estimert til totalt 2,8 TWh/år for bygningskategoriene som inngår i denne studien, se tabell 5. De gamle byggene har i utgangspunktet et vesentlig større energibehov enn middelverdien og vil derfor per bygg bidra vesentlig mer til det beregnede energisparepotensialet. Fordi de utgjør en relativt liten andel av den totale bygningsmassen vil det likevel ikke gi store utslag i de aggregerte nasjonale verdiene. De underliggende data er nærmere beskrevet i kapitlene om hver enkelt bygningskategori.

Estimatet av redusert energisparing ved vektlegging av kulturminnevern kan anses som en maksimalverdi for de utvalgte bygningskategoriene. Middelverdien for spesifikt energibehov er iht. Statistisk Sentralbyrå (SSB) 189 kWh/m² år. Arnstadutvalget har lagt til grunn en middelverdi på 201 kWh/m² år, mens de antar et spesifikt energibehov på 160 kWh/m² år etter konvensjonell rehabilitering. Dersom noen bygg i de enkelte kategoriene har lavere energibehov enn nivået ved vektlegging av kulturminnevern, er estimatet for høyt. Dersom en del bygg innen de enkelte kategoriene ikke realistisk vil redusere til nivået ved vektlegging av kulturminnevern, vil redusert energibesparelse bli større. Det vil imidlertid ikke endre størrelsesorden for redusert energibesparelse. De utvalgte kategoriene inkluderer ikke alle gamle bygg. Den største kategorien som er utelatt er eneboliger og våningshus fra før 1900. De utgjør omtrent en fjerdedel av eksisterende oppvarmet areal som er bygget før 1945.

Tabell 5: Oversikt over spesifikk netto energi (kWh/m² pr. år) for å tilfredsstille kravet til lavenergi og spesifikk netto energi ved vektlegging av kulturminnevern. Estimert redusert energibesparelse (TWh/år) for de enkelte bygningskategoriene ved lavenergi og med reduksjon til Arnstadutvalgets kategori α + +.

Byggkategori	Spesifikk netto energi ved lavenergi kWh/m ² pr. år	Spesifikk netto energi ved kulturminnevern kWh/m ² pr. år	Redusert energibesparelse lavenergi TWh/år	Redusert energibesparelse α + + TWh/år
Murgårder fra 1800-tallet	96	164	0,4 / 0,2*	0,8 / 0,4*
Panelte tømmerhus	100	146	0,1 / 0,04*	0,2 / 0,1*
Eneboliger 1900 - 1940	98	141	0,9	2,1
Førkrigs leiegårder	96	147	0,3	0,6
Boligblokker 1950 - 1970	95	122	0,4	1,3
Husbankhus 1950 - 1970	106	125	0,7	2,0
Totalt			2,8	7

*Verdiene merket med * er beregnet ut fra antall i Sefrakregisteret [18] og eksempelbyggets areal. For husbankhus er Husbankens statistikk lagt til grunn [17].*

2.3 POTENSIAL FOR ENERGIEFFEKTIVISERING

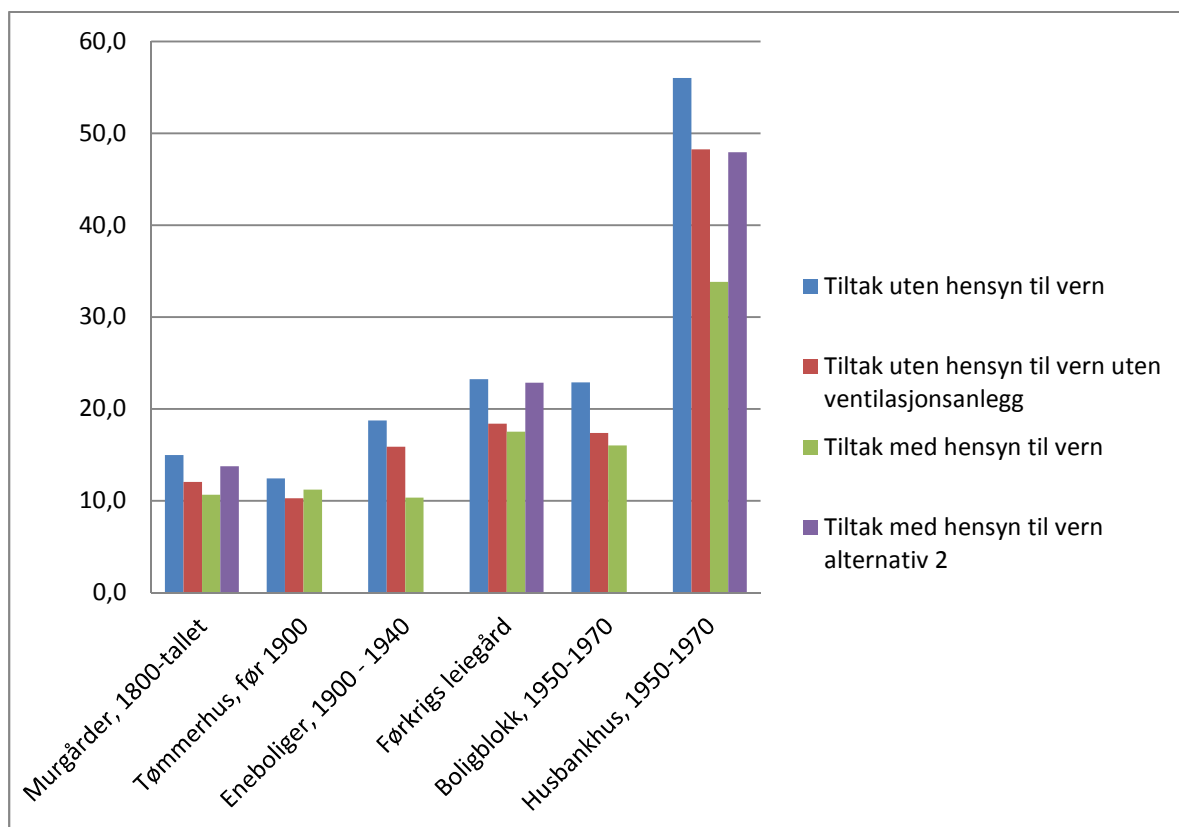
Ved beregning av lønnsomhet er det forutsatt at ingen bygg har gjort tiltak siden byggeår, dvs. at egenskapene er som angitt for hvert eksempelbygg.

Noen forenklinger er gjort med byggene for at de skal være mulige å kostnadsberegne. Kostnader for blant annet eventuell demontering og flytting av installasjoner på loft og i kjeller, innredninger og inventar er ikke inkludert. Videre er det ikke inkludert kostnader for rehabilitering av bad, flytting av installasjoner i våtrom eller på kjøkken og demontering og remontering av kjøkkeninnredninger i forbindelse med etterisoleringstiltakene. Det er ikke medtatt at bygg må forsterkes på grunn av økte egenlaster, detaljarbeider i forbindelse med balkonger og terrasser eller flytting av loft- og kjellerboder.

Blant konsekvenser som er medtatt er utskifting av nedløpsrør som følge av utvendig etterisolering, utskifting av oppvarmingspunkter i yttervegg og himling som følge av innvendig etterisolering og hulltakinger til og innkassing av ventilasjonskanaler ved installasjon av balansert ventilasjonsanlegg.

Beregnet samlet kostnad for hvert eksempelbygg samt nedbetalingstid er gitt i tabell 6. Figur 3 viser kostnad per sparte kWh. Grunnlaget for tallene er gitt i vedlegg 3.

Å installere balansert ventilasjonsanlegg i eksisterende bygg kan være utfordrende eller umulig pga. plassbehov for kanaler og aggregater, se pkt. 4.1. Lønnsomhetsberegningene er derfor beregnet med og uten kostnader for installasjon av balansert ventilasjonsanlegg for tilfellet uten hensyn til vernekrav. Energibehovet er ikke endret, dvs. det er forutsatt at det gjøres andre tiltak for å redusere energibehovet for oppvarming av ventilasjonsluft, se pkt. 4.1. Eksempelvis kan det installeres avtrekksvarmepumpe på ventilasjonsavtrekket.



Figur 3: Kostnad per sparte kWh (kr)

De eldste byggene får en lavere kostnad per sparte kWh siden det normalt blir mindre effektivt å gjøre tiltak desto mer energieffektivt bygget er opprinnelig. Gjennomføringen av tiltak med hensyn til verneverdi gir en bedre lønnsomhet enn tiltak uten hensyn til verneverdi fordi tiltakene er mindre omfattende, og fordi det er relativt liten differanse i energibesparelse mellom de to nivåene. Tiltakene med å isolere etasjeskille mot kaldt loft og kald kjeller er relativt rimelige tiltak med god energibesparelse. Dette er tiltak som kan gjøres uavhengig av vernekrav og bidrar derfor til at lønnsomheten til tiltak med hensyn til vernekrav økes. Husbankhuset får størst kostnad pr. sparte kWh blant annet fordi dette huset har opprinnelig best isolerte konstruksjoner.

Tabell 6 viser at tiltakspakkene for de fleste byggene aldri vil være lønnsomme dersom tiltakene utløses av ønske om energieffektivitet. Tiltakene som utføres der det tas hensyn til verneverdi, er lønnsomme for de eldste byggene. Årsaken er at byggene sparer relativt mange kWh i forhold til nyere bygg på gjennomføringen av tiltakene og at kostnaden til tiltakspakkene er lavere enn ved oppgradering til lavenerginivå.

Tabell 6: Beregnet total kostnad for tiltakene (kr) samt nedbetalingstid. Kostnader er inkludert rigg og drift og mva.

Bygning	Uten hensyn til vernekrav	Uten hensyn til vernekrav Uten ventilasjonsanlegg	Med hensyn til vernekrav	Med hensyn til vernekrav, alternativ 2
Murgård fra 1800-tallet				
Kostnad:	2,34 mill.	1,88 mill.	1,37 mill.	1,78 mill.
Nedbetalingstid:	aldri	27 år	20 år	49 år
Panelt tømmerhus fra før 1900				
Kostnad:	1,00 mill.	829'	831'	
Nedbetalingstid:	30 år	19 år	23 år	
Enebolig fra 1900-1940				
Kostnad:	1,20 mill.	1,02 mill.	592'	
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	19 år	
Førkrigs leiegård				
Kostnad:	5,05 mill.	4,00 mill.	2,84 mill.	3,22 mill.
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	aldri	aldri
Boligblokk fra 1950-1970				
Kostnad:	4,13 mill.	3,14 mill.	2,53 mill.	
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	aldri	
Husbankhus fra 1950-1970				
Kostnad:	840'	724'	465'	539'
Nedbetalingstid:	aldri	aldri	aldri	aldri

Hvis man legger til grunn at behov for vedlikehold utløser energieffektiviseringstiltakene på bygget med nest dårligst nåverdi ved 60 år, dvs. førkrigs leiegård, fordeler nåverdiene og inntjeningsiden seg som i tabell 7. Kostnadene for vedlikehold er altså trukket ut av lønnsomhetsberegningen mht. energieffektivisering. Kostnadene som det er beregnet at inngår i behovet for vedlikehold er skifting av vinduer, skifting av dører, ny utvendig overflate på fasade og utskifting av panelovner til panelovner med termostater.

Tabell 7: Kostnader og nedbetalingstid dersom tiltakene forutsettes igangsatt i forbindelse med vedlikeholdsbehov. Eksempel for førkrigs leiegård.

	Total kostnad	Nedbetalingstid
Uten hensyn til vern	1,86 mill.	14 år
Uten hensyn til vern uten ventilasjonsanlegg	810'	5 år
Med hensyn til vern	1,07 mill.	9 år
Med hensyn til vern alt. 2	784'	6 år

Beregningene viser altså at det sjelden er lønnsomt å energieffektivisere bygg uten at det foreligger utløsende tiltak, som vedlikehold eller ombygging. De fleste tiltakene blir lønnsomme hvis normalt vedlikehold legges til grunn som utløsende faktor. Om lønnsomheten beregnes med utgangspunkt i at vedlikehold er den utløsende faktoren reduseres tilbakebetalingstiden betraktelig for alle eksempelbyggene unntatt for husbankhuset som fortsatt aldri vil ha nedbetalingstid.

Lønnsomheten ved å utføre tiltak opp til lavenergistandard blir lavere dess nyere bygget er, da kostnaden per sparte kWh vil øke som følge av at det er få kWh som reduseres. Det må også tas i betraktning at byggene som er vurdert i denne rapporten har standard som fra byggeår. Det er stor sannsynlighet for at mange av tiltakene allerede er utført i større eller mindre grad i de fleste bygg. Lønnsomheten ved å oppgradere til lavenergistandard vil dermed bli lavere enn beregnet. Men mange bygg har også mer komplisert geometri og andre forhold som vil gjøre det mer kostbart å gjøre tiltak. I tillegg vil det, som nevnt over, kunne komme til andre kostnader som ikke er inkludert her. Se også Vedlegg 2.

Lønnsomhetsberegningene gjelder for eksempelbyggene slik de er beskrevet og med de konkrete tiltakene som er angitt. Med andre forutsetninger, andre typer tiltak eller annen utførelse av tiltakene vil resultatene kunne bli annerledes. Dette kan for eksempel være en annen geometri på huset, annet vindusareal i forhold til bruksareal, isolert skråtak i stedet for kaldt loft osv.

2.4 BARRIERER MOT IMPLEMENTERING AV ENERGISPARETILTAK

Det eksisterer en rekke barrierer som kan forsinke eller hindre gjennomføring av energieffektivisering og energisparetiltak. Barrierene kan grovt kategoriseres i økonomiske og adferdsmessige barrierer. Økonomiske barrierer er ikke begrenset til tiltakets direkte kostnader, men inkluderer også såkalte skjulte kostnader. Skjulte kostnader inkluderer for eksempel midlertidig flytting av inventar og redusert boareal som følge av økt veggtykkelse. Energisparetiltak gjennomføres ofte i forbindelse med generell rehabilitering. De adferdsmessige barrierene kan ha sitt opphav i manglende interesse for energisparing hos investor/bruker, men også mangel på informasjon. En nærmere kartlegging av barrierer mot energisparetiltak i boliger er en del av Enovas prosjekt Potensial og barrierestudien 2011 (pågående).

I denne studien ser vi at for å oppnå den beregnede energisparing med hensyn på vektlegging av kulturminnevern for bygningskategoriene, kreves det betydelig isolering innvendig, både i vegger og tak. Det vil medføre redusert gulvareal og lavere takhøyde ved skråtak. Etterisolering av etasjeskillere mot loft og kjeller er beskrevet utført fra kald side av hensyn til romhøyden i oppvarmet del. Store isolasjonstykker vil redusere romhøyden på loft og i kjeller, og i noen tilfeller fjerne mulighet for boder. Det vil trolig være en vesentlig barriere mot gjennomføring av

tiltakene. Å installere balansert ventilasjonsanlegg for å gjenvinne varmen i avtrekkslufta vil være plasskrevende og medføre redusert takhøyde og omfattende innkassing av kanaler.

I noen tilfelle kan mangel på informasjon om konsekvenser for bygget være tilstrekkelig til å hindre gjennomføring av energisparetiltak. For eksempel vil betydelig innvendig isolering kreve at materialene i yttervegg må tåle frost. Dersom det er risiko for skader og det kreves prosjektspesifikke analyser for å velge teknisk løsning vil byggeier/utbygger lett velge en løsning som ikke innebærer risiko.

2.5 MULIGHETER FOR ALTERNATIVE ENERGIKILDER

I denne rapporten er det fokusert på tiltak for å oppnå krav til netto oppvarmingsbehov som gjelder for lavenerginivå. Å skifte til fornybar energikilde eller annen mer miljøvennlig kilde enn det som bygget har i dag, vil kunne gi redusert energibehov og/eller redusert CO₂-utslipp. NS 3700 stiller også krav til at en andel av energibehovet skal dekkes av andre energikilder enn olje, elektrisitet og gass.

Aktuelle tiltak kan være:

- Installere luft til luft varmepumpe i småhus. Tiltaket kan imidlertid komme i konflikt med vernekrav pga. installasjon utvendig på fasaden.
- For bygg med vannbåren oppvarming: Erstatte eventuell eksisterende olje- eller elkjel med mer miljøvennlig kjel (for eksempel bio) eller installere varmepumpe (bergvarme, luft til vann). Det forutsettes at isoleringstiltak på vegger og vinduer gjennomføres og at det hvis mulig installeres balansert ventilasjon slik at temperaturnivået i radiatorsystemet kan senkes til et nivå som passer med tilgjengelig varmepumpeteknologi.
- For gårder eller blokker med felles varmtvannsforsyning: installere varmepumpe (for eksempel luft til vann med CO₂ som arbeidsmedium) for oppvarming av varmt forbruksvann, ev. solfanger.
- Erstatte gammel vedovn med ny, mer rentbrennende ovn eller biokamin
- For bygg med vannbåren varme i nærhet til fjernvarmenett; koble oppvarmingssystemet til fjernvarmenettet.
- Ventilasjon: Å installere tilluftskanaler kan være for omfattende og plasskrevende. Alternativ løsning kan være avtrekksvifte og varmepumpe på avtrekksluft. I gårder med felles avtrekksanlegg og sentral tappevannsoppvarming vil avtrekksluftvarmepumpe være gunstig.

Eksempler på energibesparelse ved installering av fornybar energikilde:

Luft til luft varmepumpe:

Installering av luft til luft varmepumpe i husbankhus 1950 – 1970, forutsatt at det er gjort tiltak med vernehensyn alternativ 2 iht. tabell 2. Beregnet energibesparelse er gitt i tabell 8.

Tabell 8: Energibesparelse ved installasjon av luft til luft varmepumpe for husbankhus hvor det allerede er gjort tiltak med vernehensyn alternativ 2.

Beskrivelse	Verdi
Netto energibehov	140 kWh/m ²
Lever, direkte el	142 kWh/m ²
Lever, direkte el - luft-luft varmepumpe	115 kWh/m ²
Besparelse	27 kWh/m ²
Besparelse, prosent:	24 %

Energibesparelsen ved bruk av luft til luft varmepumper vil avhenge av blant annet varmfaktoren til varmepumpa, uteklime, totalt energibehov for boligen og formen og hvor åpen romløsning boligen har. I beregningen er det forutsatt varmfaktor 2,16 iht. NS 3031 og at varmepumpa dekker 50 % av behovet til romoppvarming.

Bergvarmepumpe:

Installering av bergvarmepumpe som dekker oppvarming av rom og varmtvannsforbruk for førkrigs leiegård forutsatt at det er gjort tiltak med vernehensyn iht. tabell 2. Beregnet energibesparelse er gitt i tabell 9.

Tabell 9: Energibesparelse ved installasjon av bergvarmepumpe for førkrigs leiegård, hvor det allerede er gjort tiltak med vernehensyn.

Beskrivelse	Verdi
Netto energibehov	147 kWh/m ²
Lever, elkjel og radiatorer	163 kWh/m ²
Lever, bergvarmepumpe og radiatorer	93 kWh/m ²
Besparelse	70 kWh/m ²
Besparelse, prosent:	75 %

Bergvarmepumpe vil gi en mer stabil effekt over fyringssesongen på grunn av at den henter varme fra bakken med jevnere temperatur enn uteluften. Virkningsgraden er derfor høyere. I beregningen er det forutsatt varmfaktor 2,26 iht. NS 3031 og at varmepumpa dekker 85 % av behovet til romoppvarming og oppvarming av varmtvann. Med bergvarmepumpe vil man komme ned til lavenergistandard med hensyn til kulturminnevern.

2.6 MILJØVURDERING AV TILTAKENE

Det er tatt utgangspunkt i ett av eksempelbyggene for å se på CO₂-regnskapet til tiltakene i forhold til redusert energibruk. Det er valgt å se på førkrigs leiegård da dette bygget har forskjellige materialer på fasade ved tiltak med hensyn til vern og ved tiltak uten hensyn til vern. Det er forutsatt elkjel eller oljekjel som oppvarmingskilde og varmedistribusjon via radiatorer. Se tabell 10.

CO₂ er en gass som påvirker klodens klima. Det finnes mange andre gasser som påvirker klimaet men det er her valgt å uttrykke disse i forhold til CO₂. Måleenheten man benytter er derfor CO₂-ekvivalenter og måles normalt i kg.

CO₂-ekvivalenten for elektrisitet er hentet fra Norsk Prisbok 2010¹. Verdien gjelder produksjonen av basismaterialer og medgått energi til produksjonen, og er på 0,204 kg CO₂-ekv/kWh. Transport til byggeplass er ikke inkludert i CO₂-ekvivalentene.

For olje er det benyttet 0,284 kg CO₂-ekv/kWh iht. programmet Simien, se vedlegg 1. Faktorene vil i praksis kunne variere, blant annet med alder på kjelen.

Tabell 10: Beregning av spart CO₂ per år som følge av sparte kWh for førkrigs leiegård

Førkrigs leiegård	kg CO ₂ -ekv. spart per år som følge av sparte kWh		Økning i kg CO ₂ -ekv. som følge av tiltak	«Nedbetalingstid» (år) for CO ₂ Økning dividert med årlig besparelse	
	Oljekjel	Elkjel		Oljekjel	Elkjel
Tiltak uten hensyn til verneverdi	79 674	50 239	69 436	0,87	1,38
Tiltak uten hensyn til verneverdi uten ventilasjonsanlegg			68 477	0,86	1,36
Tiltak med hensyn til verneverdi	58 528	37 200	57 913	0,99	1,56
Tiltak med hensyn til verneverdi alternativ 2	58 052	36 880	46 399	0,80	1,26

De miljøpåvirkningene som skyldes materialproduksjon blir, som tabell 10 viser, spart inn for på grunn av at besparelsen i kWh er stor. I eksempelet er det mer miljøvennlig å etterisolere fasader innvendig med mineralull enn utvendig med puss på isolasjon. CO₂-ekvivalenten er derfor lavere for tiltak med hensyn til vern alternativ 2 enn for tiltak med hensyn til vern.

Eksempelet gir kun et inntrykk av hvilken miljøbelastning tiltakene påfører, siden CO₂-belastning fra blant annet transport ikke er inkludert.

CO₂-besparelse ved installasjon av bergvarmepumpe

Besparelsen i CO₂-ekvivalenter per år ved å utføre tiltak med vernehensyn for førkrigs leiegård og samtidig erstatte oljekjel med bergvarmepumper er:

- Erstatte elkjel med bergvarmepumpe og elkjel som spisslast: 53 735 kg CO₂-ekv/år
- Erstatte oljekjel med bergvarmepumpe og elkjel som spisslast: 96 661 kg CO₂-ekv/år

¹ Norsk Prisbok 2010, Norconsult Informasjonssystemer (NOIS)

2.7 VURDERING AV TILTAKENES PÅVIRKNING PÅ BYGGETS LEVETID

Det er beskrevet omfattende bygningsmessige tiltak for at byggene skal tilfredsstille lavenerginivå. Så omfattende tiltak som det her er snakk om krever kompetanse både hos prosjekterende og hos de utførende om konstruksjonstyper og materialbruk i opprinnelige konstruksjoner, samt om hvilke konsekvenser tiltakene har for fuktransport, uttørkingsevne, luftlekkasjer og bæreevne.

Utvendig etterisolering vil beskytte eksisterende konstruksjoner mot klimapåkjenninger, og medfører at konstruksjonene får en høyere temperatur i vinterhalvåret. Dette er gunstig med hensyn til fuktopptak og uttørkingsevne. Å oppnå lavenergistandard krever relativt store isolasjonstykkelser. Ytterst i vegg vil det derfor bli lavere temperatur enn tidligere, og det er viktig med god damptetting på innvendig side og god uttørkingsevne på utvendig side. Midlere levetid for utvendig trekledning er i henhold til Byggforskserien 50 år, og at teglsteinsmurer må fuges om etter 40 år.

Ved innvendig isolering av yttervegg må egenskapene og tilstanden til eksisterende vegg kontrolleres for at konstruksjonen ikke skal skades, og isolasjonstykkelsen må tilpasses konstruksjonstypen. Dette er beskrevet for eksempelbyggen i kapittel 5 – 10.

For tiltak uten hensyn til verneverdi er det beskrevet utskifting av vinduer. Levetiden for vinduene vil derfor bli som nye. Byggforskserien angir midlere levetid for trevinduer på 40 år.

For alle bygg er det beskrevet etterisolering av etasjeskillere mot kald loft og kald kjeller, ev. oppføring av gulv på grunnen. Disse tiltakene svekker ikke bygningsdelenes levetid.

Levetiden for alle tiltakene er imidlertid avhengig av hvor godt vedlikeholdet er.

2.8 BEHOV FOR YTTERLIGERE KUNNSKAP

Arbeidet med studien har vist at det kan være nyttig med økt kunnskap om og forskning på følgende områder:

- Etablere rutiner for innsamling av data til en sentral vedlikeholdslogg for boliger og tilstrekkelig (statlige) insentiver til at både privatpersoner, entrepenører og større byggeiere vil bidra.
- Lavenergistandard forutsetter balansert ventilasjon. Erfaringsmessig kan det være problematisk å installere balansert ventilasjonsanlegg i en del eldre boligbygninger fordi anlegget er plasskrevende. En studie med vurdering av andre ventilasjonsløsninger, energibehov og kostander for disse løsningene sammenlignet med balansert ventilasjon vil gi nyttig informasjon.
- Siden det vil være betydelige økonomiske og brukermessige barrierer knyttet til oppgradering til lavenerginivå, vil det være nyttig med en studie for å se på kombinasjoner av bygningsmessige og installasjonstekniske tiltak, inkludert energibærere, som gir mindre barrierer og lavere nedbetalingstid enn lavenergistandard.
- Hvordan inkludere spørsmål i energimerkeordningen som gir grunnlag for kategorisering mht. kulturminnevern.

3 Bakgrunn

3.1 VERN OG FREDNING - BEGREPER

Kulturminneloven definerer kulturminner som “alle spor etter menneskelig virksomhet i vårt fysiske miljø, herunder lokaliteter det knytter seg historiske hendelser, tro eller tradisjon til.”

Betegnelsene “verneverdig” eller “bevaringsverdig” brukes om alle bygninger som noen av en eller grunn mener bør vernes eller bevares. Ingen av betegnelsene gir noen formell beskyttelse, det vil si beskyttelse i medhold av Kulturminneloven eller Plan- og bygningsloven.

For at en bygning skal være formelt beskyttet må den være fredet eller regulert til bevaring. Fredning er vern av et kulturminne i medhold av Kulturminneloven. Dette innebærer en tinglyst heftelse på eiendommen som angir hvilke objekter fredningen omfatter. Forandringer ut over rent vedlikehold kan bare gjøres med tillatelse fra Fylkeskommunen eller Riksantikvaren.

Enkelte bykommuner har egne lister over verneverdig bebyggelse, som for eksempel byantikvarens gule liste i Oslo. Ingen av disse listene gir bygningene formelt vern. Bygninger som ikke står oppført i disse registrene, kan også være verneverdige. [18]

3.2 LAVENERGINIVÅ

Lavenerginivå ligger mellom energinivået i dagens forskrift (Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, TEK10) og passivhusstandard, som gir et svært lavt oppvarmingsbehov.

Kriterier for lavenerginivå for boligbygninger er gitt i NS 3700 “Kriterier for passivhus- og lavenerginivå. Boligbygninger”. Standarden dekker både småhus og blokker.

Standarden stiller krav til:

- *Varmetapstall*; varmetap for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon
- *Oppvarmingsbehov*; romoppvarming og ev. varmemønstre i ventilasjonsanlegg
- *Energiforsyning*; varmesystemet skal i vesentlig grad benytte andre energivarer enn elektrisitet og fossile brensler.
- *Minstekrav* til bygningsdeler, komponenter og lekkasjetall; U-verdier, kuldebroverdi, lekkasjetall og egenskaper for ventilasjonsanlegget

Oppvarmingsbehovet skal beregnes med lokale klimadata, og tillatt oppvarmingsbehov er avhengig av årsmiddeltemperaturen i kommunen. I denne rapporten er det fokusert på krav til oppvarmingsbehov, og det er forutsatt gjennomsnittsklima iht. NS 3031, dvs. lik Oslo-klima. I enkelte tilfeller er minstekravene til enkeltkomponenter overskredet fordi det teknisk eller praktisk ikke lar seg gjøre å isolere så mye, eller fordi det ikke er nødvendig mht. krav til oppvarmingsbehov.

Minstekrav til U-verdier som gjelder for lavenergi, klasse 1, iht. NS 3700 er vist i tabell 11. Tabellen viser også eksempler på hvilke isolasjonstykkelser de ulike minstekravene innebærer.

Isolasjonstykkelsene vil imidlertid avhenge noe av konstruksjonstype og omfang av kuldebroer i konstruksjonstypen.

At det er minstekrav betyr for eksempel at isolasjonstykkelsen ved omfordeling ikke kan bli mindre enn det minstekravet til U-verdi tilsier. For å kunne tilfredsstille krav til varmetapstall og oppvarmingsbehov må flere av egenskapene til bygget være bedre enn minstekravet.

Tabell 11: Minstekrav for lavenergi klasse 1 iht. NS 3700, samt eksempler på konstruksjonstyper

Bygningsdel	U-verdi	
Yttervegg	$\leq 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	250 mm isolert bindingsverksvegg
Tak	$\leq 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	300 mm isolasjon mot kaldt loft 350 mm isolert sperretak
Gulv	$\leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	250 mm isolert bjelkelag mot kald kjeller
Dør/vindu	$\leq 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Tolags rute med isolert karm/ramme eller trelags rute med uisolert karm/ramme

Ved tiltak på eksisterende bygninger kan det være nødvendig med større isolasjonstykkelser enn det som er angitt i tabell 11 for å oppnå gitt U-verdi. Årsaken er at bæresystemet, for eksempel en reisverksvegg, har større treandel enn en moderne, lett bindingsverksvegg.

3.3 KRAV I BYGGEFORSKRIFTER

Den første byggeforskriften som omtalte varmeisolering av byggeforskriften fra 1949. Denne forskriften delte landet inn i klimasoner og stilte ulike krav til varmeisolering for de ulike sonene. Kravene som ble stilt tilsvarer i praksis ingen eller minimal varmeisolering. I 1969 kom ny byggeforskrift med noe strengere krav til varmeisolering. Kravene var avhengig av forventet innetemperatur i bygget. I tillegg har ulike byggeskikker over landet ført til ulike byggetekniske løsninger og ulik materialbruk.

Tabell 12 viser begreper og tilhørende symboler, samt enheter, som er benyttet i tabellene med egenskaper for hvert eksempelbygg, se kap. 5 - 10.

Tabell 12: Begreper og symboler

	Symbol	Enhet
Varmegjennomgangskoeffisient, U-verdi	U	W/m ² K
Normalisert kuldebroverdi, dvs. total kuldebroverdi for hele bygget pr. BRA	Ψ"	W/m ² K
Lekkasjetall, dvs. luftskifte ved 50 Pa trykkdifferanse over klimaskjermen	n ₅₀	h ⁻¹
Oppvarmet bruksareal	BRA	m ²

4 Tiltak på eksisterende bygninger

I dette kapittelet gis en generell vurdering av aktuelle tiltak, samt grunnlag for vurderingene med hensyn til kulturminnevern. Konkrete beskrivelser av tiltak for de enkelte eksempelbyggene er gitt i kapittel 5 - 10. Beregningsforutsetninger er gitt i vedlegg 1.

Å heve energistandarden for de valgte bygningstypene opp til lavenerginivå krever til dels omfattende tiltak. Rapporten beskriver løsninger for etterisolering som vil kunne fungere for eksempelbyggene slik de er beskrevet. Andre bygg innenfor samme bygningskategori, bygningstype og alder kan imidlertid ha andre løsninger eller andre forutsetninger som gjør at tiltakene som er nevnt i denne rapporten ikke lar seg gjennomføre. Det kan for eksempel være andre konstruksjonsløsninger, annen materialbruk, begrensninger som at takutstikk er for små i forhold til angitt tykkelse på etterisolering, at huset har isolert skråtak i stedet for kaldt loft eller at huset har gulv på grunnen i stedet for etasjeskiller mot uoppvarmet kjeller. Tiltakene som er beskrevet for eksempelbyggene viser likevel nødvendig omfang av oppgraderingen for å komme opp til lavenerginivå. Nødvendige tiltak er bestemt på grunnlag av krav til lavenergistandard, som beskrevet i pkt. 3.2, og med standard beregningsmetode som beskrevet i vedlegg 1. Utforming av tiltak er i henhold til anbefalinger i Byggforskserien. En oppsummering av inndata som er benyttet er gitt i Vedlegg 4.

4.1 LUFTSKIFTE

I eldre bygg med naturlig ventilasjon vil luftskiftet være lavere enn i nyere bygg med mekanisk avtrekk eller balansert ventilasjon. Størrelsen på luftskiftet har betydning for hvor mye frisk uteluft som må varmes opp for å holde ønsket innetemperatur, og dermed for energibehovet for bygget. Men på grunn av lavere luftskifte vil ofte luftkvaliteten være dårligere i boliger med naturlig ventilasjon enn for boliger med mekanisk eller balansert ventilasjon. Drivkreftene for naturlig ventilasjon er vind, trykkforhold og temperaturdifferansen mellom inne- og uteluft. Luftskiftet vil være avhengig av blant annet geografisk beliggenhet (værforhold), lufttettheten til klimaskjermen (lekkasjetallet), geometri på bygget og omfang av vinduslufting.

Mekanisk avtrekk og balansert ventilasjon gir jevnt luftskifte i hele huset. Å installere ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning krever imidlertid relativt tette hus. Å skifte fra naturlig ventilasjon til balansert ventilasjon med varmegjenvinning i et eldre, utett hus gir ofte ingen energibesparelse. Årsaken er både at luftskiftet blir høyere og at boligen har store utilsiktede luftlekkasjer som reduserer effekten til varmegjenvinneren. Dersom bygningen har god tetthet vil det være være energibesparende med balansert ventilasjon med varmegjenvinner.

For utette og vindutsatte hus vil det være gunstig å få tett lekkasjepunktene. Men for nyere og tettere hus med naturlig ventilasjon bør det ikke utføres tett tiltak uten at det gjøres tiltak for å opprettholde eller bedre ventilasjonen. Dette kan være å øke antall ventiler eller å installere avtrekksvifte på bad og/eller kjøkken som trekker luften direkte ut. Ved å tette lekkasjer og montere ventiler, har man større kontroll på tilluften fordi den kan styres i ventilene. Man kan dermed redusere tilluften når man ikke ønsker den, dvs. ved vind i vinterhalvåret.

Lekkasjetallet for et bygg forteller noe om omfanget av lekkasjepunkter. Med høyt lekkasjetall har man stor uønsket utskifting av luft. Lekkasjetallet varierer mye fra bygning til bygning. Tallet er avhengig av blant annet utførelse, konstruksjons- og materialtyper, geometri, type tettedetaljer m.m. Lekkasjetallet kan derfor være ulikt for to bygg innenfor samme bygningstype. Å anslå et typisk lekkasjetall for en type bygning er vanskelig og det fins begrenset antall målinger for gamle bygninger. Valgte tall for eksempelbyggene i denne rapporten er dermed usikre. I eksempelberegningene er det valgt lekkasjetallet som antas å være noe beskjedne. Dette for å unngå at beregnet energibesparelse blir høyere enn man vil oppnå i praksis i mange tilfeller.

Målinger viser en markant reduksjon i lekkasjetall for bygninger bygget etter ca. 1960 [1]. Årsaken er at det på den tiden kom nye og bedre tettematerialer. Blant annet kom plastfolien på markedet da. De eldste bygningene mangler ofte tettelister rundt vinduer og dører, og luftlekkasjene kan derfor være betydelige.

Siden kriteriene for lavenergibygg forutsetter balansert ventilasjon er dette også forutsatt i eksempelberegningene for tiltak uten vernehensyn. Dette krever gjennomhulling av bygningsdeler, noe som kan komme i konflikt med vernekrav. Installasjon av et balansert ventilasjonsanlegg forutsetter at det er tilstrekkelig romhøyde for kanalføringene eller at kanalene kan legges på loft. Det fins ulike løsninger for balansert ventilasjon i flerbolighus; sentrale eller lokale aggregater. Lokale aggregater krever ofte mindre plass, men da overlates vedlikeholdsansvaret til beboer. For beregningene med hensyn til vernekrav er det forutsatt naturlig ventilasjon.

For kostnadsberegningene er det også gjort en beregning hvor kostnader for balansert ventilasjonsanlegg er trukket ut av beregningen, siden installasjonen kan være utfordrene eller umulig mht. plassbehov. Oppvarmingsbehovet er forutsatt iht. lavenergikrav. Det fins også andre løsninger for ventilasjon som kan vurderes, som for eksempel fortregningsventilasjon. Videre vil utvidet bruk av behovsstyring av ventilasjon også for boliger, gi energibesparelser som følge av lavere luftmengder.

4.2 TETTETILTAK

Etterisolering av bygningsdeler og utskifting av dører og vinduer eller innsetting av ekstra varevindu, vil gi bedre lufttetting. Dette gjelder for tiltak beskrevet både med og uten hensyn til vern. Utvendig etterisolering gir imidlertid bedre lufttetting siden tettesjikt kan legges kontinuerlig forbi etasjeskillere, forbi innervegger og rundt hjørner.

I forbindelse med etterisoleringstiltakene er det uansett viktig å ha fokus på overgang mot tilstøtende bygningsdeler og rundt dører og vinduer og rundt kanaler, rør og andre gjennomføringer.

Tettelister på vinduer og dører har begrenset levetid, og de eldste vinduene kan mangle tettelister. Nye tettelister for dører og dører gir bedre lufttetthet.

Eksempel på andre typiske lekkasjepunkter er overgang mellom ringmur eller kjellervegg og overliggende etasjeskiller. Langs randen av trebjelkelag kan det ofte trekke pga. manglende vindsperre. Ved liggende trepanel utvendig på bindingsverksvegger kan man demontere de nederste bordene og montere eller utbedre vindsperre. For andre veggtyper eller ved stående kledning kan man isolere ytterste randen av bjelkelaget. Dette vil redusere luftlekkasjen.

Termografering vil kunne avdekke andre punkter med betydelig luftlekkasje. Ved først å termograferer bygget vil man derfor kunne utføre tettetiltak på de riktige stedene.

For å oppnå så lave lekkasjetall som det forutsettes for lavenergibygg, må det gjøres tiltak på alle potensielle lekkasjepunkter.

4.3 UTBEDRING AV VINDUER

Vernekrav kan gjøre det uaktuelt å skifte ut vinduer. Som en alternativ løsning for energisparing kan det monteres isolerrute i et varevindu eller i den innerste rammen i et koblet vindu. Ny isolerrute i eksisterende ramme forutsetter at rammen tåler dette og at den ikke er skadet av fukt eller råte.

For noen av byggene, der ikke glasset i seg selv er vernet, kan det være et aktuelt tiltak å erstatte eksisterende glass med ny tolags rute. Et ekstra varevindu med tolags glass gir imidlertid bedre U-verdi.

4.4 ETTERISOLERING AV TAK, FASADER OG GULV

Framgangsmåten for etterisoleringstiltakene i denne rapporten er i henhold til Byggforskserien, Byggforvaltning. De aktuelle forvaltningsbladene er listet opp under Referanser i kapittel 11.

Utvendig etterisolering av fasader

Utvendig etterisolering er den beste fukttekniske og varmetekniske løsningen for etterisolering av yttervegger, men dette vil ofte komme i strid med vernehensyn. For bygg uten vernehensyn bør utvendig isolering velges forutsatt at vegglivet ikke overskrider byggegrensen og at takutstikk tillater det.

Ved utvendig etterisolering går isoleringen forbi dekkeforkanter og innervegger. Varmetapet via kuldebroer blir dermed betydelig redusert. Videre får man montert ny, kontinuerlig vindspærre, noe som bedrer lufttetheten for bygget. Med utvendig etterisolering kan fasadeuttrykket bli noe annerledes pga. at vinduene kan komme dypere inn i veggen og at takutstikk blir redusert. For å unngå dette kan vinduene flyttes lenger ut. Dette er også gunstig med hensyn til kuldebro mellom vindu og yttervegg. Økt isolering gir lavere temperaturer i ytre del av veggen. Før tiltak utføres må det derfor sikres at veggen har dampspærre eller et tilstrekkelig dampnett sjikt på innvendig side.

Puss på isolasjon er en aktuell løsning for etterisolering av betongfasader. En løsning med puss på utlektede plater gir en bedre fuktteknisk løsning, men vil bygge noe mer ut pga. luftesjiktet. På værutsatte fasader bør utlektet, luftet kledning velges.

Innvendig etterisolering av fasader

Innvendig etterisolering av vegger fører til lavere temperaturer i eksisterende konstruksjon i vinterhalvåret enn for opprinnelig konstruksjon, noe som igjen fører til dårligere uttørkingsevne. Før man etterisolerer innvendig må derfor kvaliteten på eksisterende konstruksjon kontrolleres. For teglvegger er det viktig å undersøke teglsteinens frostbestandighet før eventuell innvendig etterisolering. Hensynet til frostbestandigheten begrenser mulig tykkelse på innvendig isolering. Innvendig etterisolering av gårder med bjelkelag som går ut i mur-/teglfasade kan kun gjøres med begrenset tykkelse av hensyn til risiko for økt fuktighet og råteskader i enden av bjelkelagene.

Ved innvendig etterisolering får man montert en ny dampspærre som bedrer lufttetheten i bygget betydelig. Tettesjiktet kan imidlertid ikke trekkes forbi etasjeskillere og innvendige vegger. Varmetapet via kuldebroer øker. Ved betongdekker kan dette kuldebrotapet bli betydelig. Uisolerte eller dårlig isolerte konstruksjoner vil ha relativt lav normalisert kuldebroverdi. Dette skyldes at kuldebroverdien sier noe om hvor stor svekkelsen i isolasjonsevnen ved kuldebroen er. Ved innvendig etterisolering blir differansen i isolasjonsevnen ved dekkeforkanten/innervegger og igjennom ytterveggen for øvrig, større enn før isolering. Dette gir altså økt kuldebroverdi. Ved å isolere oppunder himling og ev. lekte opp gulv og isolere her, reduseres kuldebrotapet.

Ved innvendig etterisolering er det forutsatt 150 mm der det er fuktteknisk forsvarlig. Så mye innvendig etterisolering vil ta mye av gulvarealet. Tykkelsen er likevel valgt fordi det i dette

prosjektet er vurdert muligheten for å oppnå lavenergistandard. Elektriske opplegg og varmekilder som er plassert på yttervegger må demonteres.

Når en yttervegg isoleres innvendig uten at vinduenes flyttes i forhold til fasadelivet, blir ikke vinduene stående i forlengelse av isolasjonssjiktet i vegg. Kuldebroverdien i overgang vegg/vindu blir dermed relativt stor. Å trekke vinduene lenger inn i fasaden vil være uaktuelt av hensyn til verneverdi. De fukttekniske detaljene i overgangen mellom vindu og yttervegg blir også mer komplisert.

Tak og gulv

Ved etterisolering av eldre bjelkelag med mineralull mot loft og kald kjeller bør eksisterende isolasjon skiftes ut pga. dårlig kvalitet. For å oppnå nødvendige isolasjonstykkelser er det i tillegg nødvendig med ned-/opplekting. Det er da valgt å lekte ut mot kald side for å unngå reduksjon av romhøyde i boareal. Isolering av skråtak er beskrevet utført på undersiden for å unngå å måtte flytte takstein. Av hensyn til verneverdi kan utvendig tiltak på skråtak være uaktuelt fordi det vil endre proporsjoner.

Etterisolering på loftet kan gi lav romhøyde. Fordi det er nødvendig med store isolasjonstykkelser for lavenergiboliger, har vi forutsatt at det legges kontinuerlig isolasjon (isolasjonsmatter) på loftet. Det innebærer at det ikke kan legges gulv og vil dermed hindre boder på loftet. Hvis det er aktuelt med gulv må det legges tilfarere, og isolasjonstykkelsen må dermed økes med ca. 50 mm i forhold til det som er oppgitt i tabellene i kap. 5 - 10. Det er også beskrevet utskifting av stubbeloftsleire for å få plass til mest mulig ny, effektiv isolasjon. Stubbeloftsleiren kan imidlertid være effektiv mht. lydisolering.

For husbankhus fra 1950-1970 er det forutsatt gulv på grunnen. Her vil det kun være mulig med begrenset etterisolering av gulvet av hensyn til romhøyde.

Nedlekting av etasjeskiller mot kjeller tar av romhøyden i kjelleren og dermed ev. lagringsplass. Eventuelle innvendige skillevegger i kjeller vil øke kuldebroverdien.

4.5 OPPVARMING OG BELYSNING

Innetemperaturen har relativt stor betydning for varmetapet og oppvarmingsbehovet. I henhold til Byggforskserien kan man som en tommelfingerregel si at energibehovet øker med rundt 5 % for hver grad. Å senke innetemperaturen er et enkelt og gratis tiltak. Det kan være aktuelt å senke temperaturen om natten og når man ikke er hjemme, og/eller å velge konstant lavere temperatur i en sone av boligen som ikke benyttes i like stor grad som resten av boligen, eller hvor det ikke er behov for like høy temperatur (soverom m.m.). Sentralt styringssystem eller lokale styringer på oppvarmingspunktene kan benyttes til å styre temperaturen.

I eksempelberegningene er det forutsatt oppvarmingssystem uten termostat for opprinnelige bygg, og at utskifting til nye oppvarmingspunkter med termostat og mulighet for programmering av nattsinking gjøres i forbindelse med tiltakene.

Arnstadutvalget [10] deler energisparepotensialet i en del som omfatter rehabilitering av bygningskroppen og andre energisparetiltak som for eksempel nattsinking av temperaturen. De antar at det er mulig å oppnå 20 % reduksjon i eksisterende bygg gjennom andre tiltak enn endringer i bygningsskallet (tak, vegger osv.).

For eksempelbyggene i denne rapporten, forutsatt øvrige tiltak som angitt med hensyn til verneverdi, blir energibesparelsen ved nattsinking av innetemperaturen 3 – 4 %. Det er da forutsatt 21 °C om dagen og 19 °C om natten iht. NS 3031, samt driftstid iht. NS 3031.

Lavenergibelysning vil gi en energibesparelse, spesielt i sommerhalvåret. Her forventes en produktutvikling framover med lavenergipærer som gir god belysning. Om vinteren vil

varmeavgivelsen fra belysningen bidra til oppvarming av romluft. Redusert energibehov til belysning gir økt oppvarmingsbehov. Med en miljøvennlig oppvarmingskilde vil dette være gunstig. For blokker og gårder kan det installeres tidsbrytere eller bevegelsesfølere i trapperom. Andre tiltak kan være følere og sparepærer på utebelysning.

Andre tiltak som utskifting av varmtvannsbereder til ny og bedre isolert bereder, utskifting av pumper, isolering av rør med varmtvann (bereder og oppvarming), vannsparende armatur og urstyring på eventuelt ventilasjonsanlegg er tiltak som bør vurderes. Vannbehandling av vann i varmedistribusjon kan gi mindre avleiringer og dermed mindre motstand for vannet. Det gir igjen lavere energibehov til pumpedrift.

4.6 PRODUKTUTVIKLING

Nødvendige isolasjonstykkelser og andre tiltak som er beskrevet i pkt. 4.4 er basert på dagens standard produkter. Produktutvikling i framtiden kan gi mindre omfattende tiltak, for eksempel kan isolasjonsmaterialer med lavere varmekonduktivitet eller etterisoleringsløsninger med lavere kuldebroverdi, gjøre det mulig med redusert tykkelse på etterisolering. Det fins allerede produkter på markedet i dag som har bedre isolasjonsevne enn standard isolasjon, for eksempel vakuumisolasjon. Økt etterspørsel vil kunne gi lavere kostnader for slike produkter.

Også for varmegjenvinnere i balanserte ventilasjonsanlegg forventes en produktutvikling som kan gi mer effektiv varmegjenvinning.

4.7 GEOGRAFISKE FORSKJELLER

Byggeskikken igjennom tidene har hatt noen geografiske forskjeller. Dette gjelder både konstruksjonstyper, materialbruk og størrelser. Det har også vært forskjeller mellom byggeskikk i byene og på landet. Eksempelbyggene i denne rapporten er dermed ikke nødvendigvis helt representative for alle deler av landet. Siden de eldste byggene var uisolerte eller svært dårlig isolert, vil nødvendig tykkelse på etterisolering for å oppnå lavenergistandard være relativt lik uavhengig av konstruksjonstype. Isolasjonstykkelsen vil imidlertid variere litt med løsning for etterisoleringen, dvs. om isolasjonen kan legges kontinuerlig eller ikke, og med omfang av kuldebroer i isolasjonssjiktet, som for eksempel bjelker eller stendere. At størrelsen og kompaktheten på byggene har vært forskjellig, for eksempel for by og bygd, vil ha betydning for hvilke tiltak som er nødvendige for å oppnå lavenergistandard.

4.8 TYPISKE KULTURMINNEFAGLIGE ANBEFALINGER

For alle bygningstypene er en kulturminnefaglig anbefaling i form av å bevare bygningens arkitektoniske karakter aktuell. Dette begrenser muligheten for utvendig isolering av fasaden, fordi dette vil endre forholdet mellom takutstikk, vindusliv og grunnmursliv. For de eldre byggene er det også viktig å beholde utvendige ornamenter og utsmykninger.

Særlig de eldre byggene har også omramninger rundt dører og vinduer som bør bevares. Vinduer og omramninger utgjør en viktig del av det arkitektoniske uttrykket. De eldste glassene bør bevares fordi de har en annen overflatestruktur enn moderne glass. Dører med spesiell utforming bør bevares.

For boligblokkene og husbankhusene fra 1950 – 1970 vil det være enklere og billigere å reprodusere identiske vinduer enn for de eldre vinduene med vindusomramninger og sprosser.

For bygårder kan det være aktuelt at en kulturminnefaglig anbefaling kun gjelder fasaden mot gaten, og at det dermed er mulig med utvendig etterisoleringstiltak og utskifting av vinduer mot gården og/eller gavlvegger.

Panelte tømmerhus har ulik karakter og utforming etter hvilken klimatisk sone det befinner seg i. Disse forskjellene er det viktig å bevare. Tykkelsen på laft og panel, samt panelets utforming og retning varierte. Kombinert med maling fikk panelet en stor betydning for bebyggelsens arkitektoniske uttrykk.

Etterisolering av etasjeskiller mot kaldt loft vil ikke komme i strid med utvendige vernekrav. For isolerte skråtak må etterisoleringen skje fra innvendig side for å unngå endring av taket og det arkitektoniske uttrykket.

Å montere installasjoner i eksisterende bygninger kan begrenses av vernekrav fordi installasjonene kan kreve gjennomhulling av fasader og komponenter på utvendig side, for eksempel luft-til-luft varmepumper.

5 Murgårder fra 1800-tallet

5.1 BYGGESKIKK

Murgårdene fra denne tiden inngår ofte i kvartalstruktur. Veggene ble murt massive fram til rundt 1890 og etter den tid ble de etter hvert erstattet av hulmurer [18]. Her er det imidlertid geografiske forskjeller. En hulmur har bedre uttørkingsevne enn massive murer. Siden hulmur har et isolerende hulrom er varmeisolasjonsevnen også noe bedre. Bærende teglsteinsvegg var gjerne 1,5 eller 2 steins tykkelse, men krav til tykkelse var avhengig av belastningen. Teglsteinen er brent under lav varme. Fasadene ble murt med kalkmørtel og pusset med kalkpuss. I tillegg til bærende yttervegger har murgårdene ofte en bærende langsgående murt midtvegg (hjertevegg).

De fleste slike gårder har opprinnelig kald loft, som ofte ble brukt til boder og tørking av klær. Takkonstruksjonen var gjerne sperretak med hanbjelke og knebukk-løsning med murgesims. Etasjeskillene besto av trebjelkelag med stubbeloft. Fundamenteringen var avhengig av grunnen, av type bygg og tilgjengelig teknikk og materialer. Murgårder er tunge og ofte er de fundamentert til fjell. Der dette ikke var mulig anvendte man tidlig treflåter som fundament, helt eller delvis.

5.2 EKSEMPELBYGGET

Eksempelbygget er en murgård i Markveien 13 i Oslo som er fredet av Riksantikvaren, se fig. 4. Fredningen gjaldt opprinnelig gatefasaden, men ble senere utvidet til også å gjelde bakgårdsfasaden og trappeoppgangen. Gården er rehabilitert og loftsetasjen er innredet. Omtale, arealer, konstruksjon og egenskaper til eksempelberegningen er hentet fra [5] og fastsatt ut ifra typiske byggeskikk for slike gårder i henhold til Byggforskserien [21].

Bygningen har fire etasjer med uoppvarmet kjeller. Siden denne rapporten omhandler typiske og aktuelle energisparende tiltak, er det for eksempelberegningen sett bort ifra utvidelse av BRA i form av innredningen av loftet. Det vil si vi har forutsatt uoppvarmet loft.

Hver etasje er på 125 m². Deler av 1. etasje er et uoppvarmet portrom. Totalt oppvarmet BRA er 475 m². Geometri og arealer er gitt i tabell 13. Konstruksjoner og egenskaper er gitt i tabell 14.

Eksempelbygget i Markveien 13 inngår i kvartalstruktur. Det innebærer at gavlveggene vender mot oppvarmet nabo, med en uoppvarmet spalte imellom byggene. Gårder som ligger i vinkel på hjørnet av kvartalene vil ha større fasade mot gaten, som ev. kan være vernet eller fredet. Fasadearealet har betydning for energibehov etter tiltak.



Figur 4: Eksempelbygg – 1800-talls murgård (Kilde: [5])

Tabell 13: Geometri og arealer. 1800-talls murgård

Parameter	Verdi
Oppvarmet gulvareal (BRA)	475 m ²
Volum	1415 m ³
Areal vinduer og dører:	
- mot gården	49 m ²
- mot gaten	60 m ²
- dører	2,4 m ²
Areal tak	125 m ²
Areal gulv	125 m ²
Fasadeareal, brutto	562 m ²

Tabell 14: Egenskaper for eksempelbygg. 1800-talls murgård

Bygningsdel/-komponent	Beskrivelse	Egenskap
Fasader	2-steins kompakt murt teglstein, murt med kalkmørtel og pusset med kalkpuss.	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
Tak/etasjeskiller mot uoppvarmet loft	Trebjelkelag med stubbeloftsleire mot kaldt loft. Sperretak med hanebjelke og murgesims. Tekking av teglstein.	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Etasjeskiller mot uoppvarmet kjeller, inkl. kjellerrom	Trebjelkelag med stubbeloftsleire.	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
Bjelkelag over portrom	Trebjelkelag med stubbeloftsleire som er pusset i underkant.	$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer	Ettlags glass i trerammer.	$U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dører	Trefyllingsdør.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2$
Lekkasjetall		$n_{50} = 4,0 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi		$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.3 VERNEKRAV

Vernekravene er gitt i tabell 15 sammen med forslag til tiltak som tar hensyn til begrensningene. Forslagene er benyttet i beregningene av energibesparelser med hensyn til kulturminnevern.

Tabell 15: Vernekrav og mulige tiltak som tar hensyn til vernekrav. 1800-talls murgård

Vernekrav	Begrensning i tiltak	Valgte tiltak som tar hensyn til vernekrav
Beholde utvendige ornamenter og utsmykning Beholde proporsjoner og arkitektonisk uttrykk	Ikke mulig med utvendig etterisolering fordi det vil gjemme ornamenter og utsmykning, samt endre forhold mellom takutstikk, gesims, vindu, grunnmur og vegg. Innvendig isolering; vinduenes plassering i vegglivet kan ikke endres for å redusere kuldebroverdien.	Begrenset innvendig etterisolering (50 mm) forutsatt kontroll av frostbestandighet for tegl og kontroll av treverk i bjelkelag som er innmurt i murfasade. Vegg og himling i portrom kan isoleres utvendig. Innvendig etterisolering gir økt kuldebroverdi. Isolere eventuelle gavlvegger som vender mot friluft utvendig, hvis vernekrav tillater det.
Beholde vinduer og glasset i dem	Ikke mulig å skifte vinduer eller ruter.	Sette inn ekstra varevindu på innvendig side. Nye tettelistes. Isolere og tette mellom karm og vegg.
Beholde dører		Ingen etterisolering/tiltak annet enn ev. reparasjon. Nye tettelistes.

5.4 TILTAK

Tabell 16 viser aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Tabell 17 viser aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi.

Infiltrasjonen og temperaturen i spaltene mot nabobygg vil kunne variere fra bygg til bygg, og dermed vil også varmetapet til spalten kunne variere.

Innvendig isolering utføres som en selvbærende isolert trevegg (ev. av tynnplateprofiler i stål), trukket noe inn i rommet for å unngå direkte kontakt med murveggen. Det bør ikke brukes mer enn 50 – 75 mm isolasjon [18]. Dette er også av hensyn til risiko for fuktproblemer i den innmurte delen av bjelkelaget i fasaden.

Ved innvendig etterisolering bør også gavlveggene mot spalten isoleres nær fasaden for å redusere kuldebrovirkning mot langvegg, ev. isolere hele gavlveggen dersom det er lav temperatur i spalten mellom byggene. I tillegg til bærende yttervegger har bygningene ofte en bærende langsgående murt midtvegg. Dersom gavlveggen vender mot friluft, vil det bli en betydelig kuldebro her ved innvendig etterisolering. Innvendig etterisolering gir også kuldebro i dekkforkant, siden denne ikke blir isolert. Kuldebrovirkningen reduseres ved å isolere randen av bjelkelaget.

Innvendig etterisolering gir BRA på 450 m², dvs. en reduksjon på 25 m².

Tabell 16: Aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. 1800-talls murgård

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Skifte vinduer til nye 3-lags med isolert karm/ramme Vinduene plasseres lenger ut i vegglivet for å minimalisere kuldebroverdien for overgang vindu/vegg. Tette mellom karm og vegg, samt tilsvarende rundt dører. Nye tettelister på dører og vinduer.	$U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Skifte til nye godt isolerte dører med isolert karm. Dører flyttes ut i vegglivet.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kaldt loft fra oversiden: Demontere gulvbord og fjerne stubbeloftsleire Isolere mellom bjelker samt kontinuerlig isolasjon over bjelker. Totalt 400 mm isolasjon (plater med papir) Montere ny dampsperre og ny himling på undersiden av eksisterende himling.	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kald kjeller fra undersiden: Demontere stubbeloft og fjerne stubbeloftsfill. Isolere mellom bjelker (200 mm) Lekte ned og isolere, 200 mm Vindsperre Ny himling	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Utvendig isolering av vegg mot portrom. Puss på isolasjon, 250 mm.	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Tilleggsisolere etasjeskiller mot portrom fra undersiden: Som pkt. 4	$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
7	Utvendig isolering av fasader (langvegger). Puss på isolasjon, 200 mm. Forutsatt at takutstikk er tilstrekkelig. Inkl. isolering over spalte mellom eksempelbygg og nabobygg.	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
8	100 mm utvendig isolering av kjellervegg over terreng for å redusere kuldebroverdien. I tillegg isolere kjellervegg innvendig i 1 m høyde oppunder etasjeskiller, 100 mm tykkelse.		
9	Erstatte gamle panelovner med nye med termostat og nattsenkning.	Temperatur natt: 21 °C	Temperatur natt: 19 °C
10	Installere balansert ventilasjon med varmegjenvinner.	0 % gjenvinning	75 % gjenvinning
	Lekkasjetall	$n_{50} = 4,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Kuldebroverdien var i utgangspunktet lav pga. uisolerte fasader. Utvendig etterisolering av fasader gir lave kuldebroverdier. Isolering av etasjeskiller mot kjeller gir noen kuldebroer.	$\Psi''_{\square} = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi''_{\square} = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabell 17: Aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. 1800-talls murgård

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Sette inn ekstra varevindu med tolags rute og LE-belegg og argongass på innvendig side av eksisterende glass. Lufttetting rundt dører og vinduer, inkl. nye tettelisten.	$U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Innvendig isolering av langvegger og gavlvegger mot spalte mot nabobygg: Montere 50 mm isolert utlekting Montere dampspørre (godt klemt) og innvendig kledning. Alternativ 2: Isolere langvegg mot gården utvendig som beskrevet i pkt. 7 i tabell 16 dersom vernehensyn tillater det.	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
	For øvrig pkt. 3,4,5, 6 og 9 i tabell 16.		
	Lekkasjetall	$n_{50} = 4,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Innvendig etterisolering av fasader gir økt kuldebroverdi. Vinduenes plassering i vegg i forhold til isolasjonssjiktet gir ikke optimal løsning mht. kuldebro.	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$

Barrierer mot gjennomføring av tiltakene med vernehensyn er spesielt innvendig isolering fordi det reduserer bruksarealet. Den anbefalte isolasjonstykkelsen for 1800-talls murgårder er imidlertid liten og vil trolig ikke oppleves som problematisk, unntatt i små rom.

5.5 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLGGING AV KULTURMINNEVERN

Andel av nasjonal bygningsmasse kan estimeres ut fra Statistisk Sentralbyrås (SSB) statistikk. I tillegg er det gjort et spesialuttrekk fra Sefrakregisteret. Totalt oppvarmet boligareal i Norge [11] er estimert til 221 mill. m².

I henhold til SSB finnes det 31 233 husholdninger i *blokk, leiegård eller annet boligbygg med 3 etasjer eller mer* fra før 1900. De har et gjennomsnittlig areal på 120 m². Antar vi at alle disse er murgårder gir det et totalt areal på 3,7 mill. m² eller 1,7 % av det totale boligarealet. 1800-talls murgårder ble bygget helt frem til 1925, se kap 9.1. Tar vi med husholdningene i årsklassen 1901 – 1920 øker arealet med omtrent 50 %. I Sefrak-registeret er det registrert 5974 murgårder fra før 1900 [18] når vi inkluderer murgårder som mangler datering. Antar vi at eksempelbygget er gjennomsnittlig størrelse blir det totale arealet 2,8 mill. m². Selv om enkelte bygg kan ha et høyt energibehov og individuelt derfor kunne bidra med vesentlig reduksjon, utgjør arealet en liten andel av den totale boligmassen.

Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern fremkommer ved differansen i energibehov multiplisert med arealet.

For gårder som ikke er rehabilitert vil tiltakene gi energibesparelse på hhv 77 % uten vernehensyn og 62 % og 64 % (alt. 2) med vernehensyn. Som en maksimalverdi kan vi anta at ingen av byggene i Sefrakregisteret er rehabilitert. Forskjellen i energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern blir da 0,2 TWh. Fordi arealet er antatt å være noe større vil den reduserte energibesparelsen nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern basert på SSBs statistikk være 0,3 TWh. Inkluderer husholdningene i SSBs årsklasse 1901 – 1920 blir redusert energibesparelse ved kulturminnevern 0,4 TWh.

Eksempelbygget har et beregnet spesifikt energibehov på 426 kWh/m² år. Gjennomsnittet for boliger fra før 1900 er imidlertid iht. SSB 189 kWh/m² år. Det er imidlertid ikke tilstrekkelig antall leilighetsgårder i utvalget til å trekke konklusjoner mht. gjennomsnittlig energibehov for 1800-talls murgårder [4]. Dersom spesifikk energibruk skal reduseres til 30 kWh/m² år, kan redusert energibesparelse bli opptil 0,6 TWh/år eller 1,5 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040.

6 Panelte tømmerhus fra før 1900

6.1 BYGGESKIKK

Frem til slutten av 1800-tallet ble de fleste bygninger i tre oppført i laftet konstruksjon. På 1800-tallet ble det også vanlig å kle tømmerbygninger med utvendig panel som værhud mot nedbør og vind, spesielt i byene og langs kysten. Regionale og lokale forskjeller kan være ganske store på grunn av klima og tradisjoner. Mot slutten av 1800-tallet ble det vanlig å benytte vindpapp (forhudningspapp) bak panelkledningen for ytterligere isolasjon. Husene var 1 til 2 etasjer i ulike kombinasjoner, gjerne med arker.

Laftehusets takkonstruksjon kan være utført på flere måter, både åstak og sperretak var vanlig. Vanlige tekkematerialer ut på 1800-tallet var tunge materialer som skifer og teglstein. Etasjeskillene besto av trebjelker med stubbeloft og stubbeloftsfyll.

6.2 EKSEMPELBYGGET

Eksempelbygget er en paneltømmerbygning som ligger i tett bystruktur i Trondheim, se fig. 5. Bygningen ligger i et område regulert til bevaring. Eksempelet er hentet fra [13]. Det er benyttet opplysninger fra rapporten og for øvrig gjort noen forutsetninger der opplysninger ikke er gitt her.

Geometri og arealer er gitt i tabell 18. Konstruksjoner og egenskaper er gitt i tabell 19. Huset er i to etasjer med uoppvarmet loft og kjeller.



Figur 5: Eksempelbygg – panelte tømmerhus (Kilde: [13])

Tabell 18: Geometri og arealer. Paneltømmerhus før 1900

Parameter	Verdi
Oppvarmet gulvareal (BRA)	180 m ²
Volum	490 m ³
Areal vinduer og dører: - Langvegg mot nordvest - Langvegg mot sørøst - Gavlvegg mot sørvest - Dører	20 m ² 10 m ² 10 m ² 5 m ²
Areal tak	95 m ²
Areal gulv (mot kjeller + mot portrom)	80+15 m ²
Fasadeareal, brutto	220 m ²

Tabell 19: Egenskaper for eksempelbygg. Paneltømmerhus før 1900

Bygningsdel/-komponent	Beskrivelse	Egenskap
Fasader	Laftet vegg med utvendig, liggende trepanel montert på lekter. Vindpapp bak trekledning.	$U = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$
Tak/etasjeskiller mot oppvarmet loft	Saltak som bæres av åser. Tegltekking. Oppvarmet loft. Etasjeskiller av tre med stubbeloftsfyll.	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Etasjeskiller mot oppvarmet kjeller, inkl. kjellerrom	Trebjelkelag med stubbeloftsleire.	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
Bjelkelag over portrom	Trebjelkelag med stubbeloftsleire. Pusset i underkant.	$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer	Ett lag glass i trerammer.	$U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dører	Trefyllingsdør.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2$
Lekkasjetall	Beregnet ut ifra total infiltrasjon og ventilasjon gitt i [13].	$n_{50} = 16,5 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi		$\Psi'' = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$

6.3 VERNEKRAV

Vernekravene er gitt i tabell 20 sammen med forslag til tiltak som tar hensyn til begrensningene. Forslagene er benyttet i beregningene av energibesparelser med hensyn til kulturminnevern.

Tabell 20: Vernekrav og mulige tiltak som tar hensyn til vernekrav. Panelt tømmerhus før 1900

Vernekrav	Begrensning i tiltak	Valgte tiltak som tar hensyn til vernekrav
Beholde utvendig kledning på fasader Beholde proporsjoner og arkitektonisk uttrykk	Ikke mulig med utvendig isolert utlekting fordi det medfører endrede proporsjoner i forhold til vinduer, takutstikk og grunnmursliv, samt ev. endrer kledning og omramninger. Dersom det lar seg gjøre å demontere eksisterende kledning uten å skade denne og omramninger rundt vinduer, kan det isoleres mellom lektene for så å montere vindsperre og remontere kledning. Det bør i så fall etableres et luftesjikt mellom vindsperre og kledning. Isolasjonstykkelsen blir begrenset. Innvendig isolering; vinduenes plassering i vegglivet kan ikke endres for å redusere kuldebroverdien	Montere innvendig isolert utlekting og ny innvendig kledning.
Beholde vinduer og vindusomramning	Ikke mulig å skifte vinduer eller ruter. Alternativt: Få spesialprodusert helt identiske vinduer med tolags rute.	Sette inn ekstra varevindu på innvendig side. Nye tettelister. Isolere og tette mellom karm og vegg.
Beholde dører og omramning	Ikke mulig å skifte dører.	Ingen etterisolering/ tiltak annet enn ev. reparasjon. Nye tettelister

6.4 TILTAK

Tabell 21 viser aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Tabell 22 viser aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Innvendig etterisolering gir BRA på 169 m² dvs. en reduksjon på 11 m².

Tabell 21: Aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. Panelt tømmerhus før 1900

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Skifte vinduer til nye 3-lags med isolert karm/ramme Vinduene plasseres lenger ut i vegglivet for å minimalisere kuldebroverdien for overgang vindu/vegg. Tette mellom karm og vegg, samt tilsvarende rundt dører. Nye tettelister på dører og vinduer.	$U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Skifte til nye godt isolerte dører med isolert karm. Dører flyttes ut i vegglivet.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kaldt loft fra oversiden: Demontere golvbord og fjerne stubbeloftsleire Isolere mellom bjelker samt kontinuerlig isolasjon over bjelker. Totalt 450 mm isolasjon (plater med papir). Montere ny dampspørre og ny himling på undersiden av eksisterende himling.	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kald kjeller: Demontere stubbeloft og fjerne stubbeloftsfyll. Isolere mellom bjelker (200 mm) Lekte ned og isolere, 200 mm. Vindspørre Ny himling	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Tilleggsisolere etasjeskiller mot portrom fra undersiden: Som pkt. 4	$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Utvendig isolering av fasader, inkl. vegg mot portrom: Demontere eksisterende kledning. Montere vindspørre Montere lekter og isolere (250 mm). Forutsetter at takutstikk er tilstrekkelig. Montere vindspørre og luftet kledning.	$U = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
7	100 mm utvendig isolering av kjellervegg over terreng for å redusere kuldebroverdien.		
8	Erstatte gamle panelovner med nye med termostat og nattsenking.	Temperatur natt: 21 °C	Temperatur natt: 19 °C
9	Installere balansert ventilasjon med varmegjenvinner.	0 % gjenvinning	75 % gjenvinning
	Lekkasjetall	$n_{50} = 16,5 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Kuldebroverdien var i utgangspunktet lav pga. uisolerte fasader. Utvendig etterisolering av fasader gir minimale kuldebroverdier. Isolering av etasjeskiller mot kjeller gir noen kuldebroer, samt at det vil bli større kuldebrovirkning i overgang vindu/vegg.	$\Psi'' = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabell 22: Aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. Panelt tømmerhus før 1900

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Sette inn ekstra varevindu med tolags rute og LE-belegg og argongass. Lufttetting rundt dører og vinduer, inkl. nye tettelisten.	$U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Innvendig isolering av yttervegger: Demontere eksisterende innvendig kledning. Montere vindsperre Montere 150 mm isolert utlekting. Montere dampsperre og innvendig kledning. Svært viktig med god klemming av dampsperre. Isolere randen av mellombjelkelag.	$U = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Isolere vegg mot portrom utvendig: Utførelse som pkt. 6 over		
	For øvrig pkt. 3, 4, 5 og 8 i tabell 21.		
	Lekkasjetall	$n_{50} = 16,5 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Innvendig etterisolering av fasader gir økt kuldebroverdi. Vinduenes plassering i veggen i forhold til isolasjonssjiktet gir ikke optimal løsning mht. kuldebro.	$\Psi'' = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$

Barrierer mot gjennomføring av tiltakene med vernehensyn er spesielt innvendig isolering fordi det reduserer bruksarealet. For eksempel vil et rom på 9 m^2 ($3 \times 3 \text{ m}$) og to yttervegger reduseres med 1 m^2 . Den anbefalte isolasjonstykkelsen vil derfor kunne oppleves som problematisk i små og mellomstore rom.

6.5 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLGGING AV KULTURMINNEVERN

Andel av nasjonal bygningsmasse kan estimeres ut fra Statistisk Sentralbyrås (SSB) statistikk. I tillegg er det gjort et spesialuttrekk fra Sefrakregisteret. Totalt oppvarmet boligareal i Norge [11] er estimert til 221 mill. m^2 .

I henhold til SSB finnes det 12 809 husholdninger i *horisontaldelt tomannsbolig eller annet boligbygg med mindre enn 3 etasjer* fra før 1900. De har et gjennomsnittlig areal på 120 m^2 . Antar vi at alle disse er panelte tømmerhus gir det et totalt areal på 1,5 mill. m^2 eller 0,7 % av det totale boligarealet. I Sefrak-registeret er det registrert 4600 panelte tømmerhus fra før 1900 [18] når vi inkluderer udaterte bygg i kategorien. Antar vi at eksempelbygget er gjennomsnittlig størrelse blir det totale arealet 0,8 mill. m^2 . Selv om enkelte bygg kan ha et høyt energibehov og individuelt derfor kunne bidra med vesentlig reduksjon utgjør arealet en liten andel av den totale boligmassen.

Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern fremkommer ved differansen i energibehov multiplisert med arealet.

For bygninger som ikke er rehabilitert vil tiltakene gi energibesparelse på hhv 82 % uten vernehensyn og 73 % med vernehensyn. Som en maksimalverdi kan vi anta at ingen av byggene i Sefrakregisteret er rehabilitert. Forskjellen i energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern blir da 0,04 TWh. Fordi arealet er antatt å være noe større vil den reduserte energibesparelsen nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern basert på SSBs statistikk være 0,1 TWh.

Eksempelbygget har et beregnet spesifikt energibehov på 562 kWh/m^2 år. Gjennomsnittet for boliger fra før 1900 er imidlertid ihht SSB 189 kWh/m^2 år. Det er imidlertid ikke tilstrekkelig antall leilighetsgårder i utvalget til å trekke konklusjoner mht gjennomsnittlig energibehov for panelte trehus fra før 1900. Dersom spesifikk energibruk skal reduseres til 30 kWh/m^2 år kan redusert energibesparelse bli opptil 0,2 TWh/år eller 0,5 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040.

7

Eneboliger fra 1900-1940

7.1 BYGGESKIKK

Ulike klimatiske forhold og ulike byggeskikker medførte variasjoner i byggemåten for reisverkshus. Det skjedde også en utvikling av byggeteknikken til mer materialsparende konstruksjoner. Opprinnelig hadde reisverksveggene en bærende rammekonstruksjon av stolper og sviller og løst innsatte veggplanker som utfylling i rammeverket. Utover på 1900-tallet ble det utviklet en enklere form for reisverk der stolpekonstruksjonen ble erstattet med at veggplankene ble det bærende element. På utsiden av reisverket ble det lagt to lag impregnert papp, og på innvendig side ble det lagt to lag cellulosepapp eller ull [18].

Husene hadde ofte sperretak med hanebjelke. Taktekking var teglstein eller skifer. Noen bygg kan også ha flate tak i funksstil.

7.2 EKSEMPELBYGGET

Selv om stilartene var noe ulike igjennom perioden var ikke den typiske geometrien så forskjellig. Husene var nær kvadratiske i grunnflaten og hadde relativt bratte skråtak i ulike utforminger. Det er laget et eksempelbygg med utgangspunkt i typisk geometri. Et eksempel på bygningstypen er gitt i fig. 6.

Geometri og arealer er gitt i tabell 23. Konstruksjoner og egenskaper er gitt i tabell 24. Huset er i to etasjer med uoppvarmet loft og kjeller. Deler av andre etasjer har skråtak (sperretak).



Figur 6: Eksempel på bygningstypen (Kilde: [20])

Tabell 23: Geometri og arealer. Enebolig fra 1900-1940

Parameter	Verdi
Oppvarmet gulvareal (BRA)	200 m ²
Volum	500 m ³
Areal dører og vinduer: - vinduer - dører	45 m ² 5 m ²
Areal tak - mot kaldt loft - skrått tak	50 m ² 58 m ²
Areal gulv	100 m ²
Fasadeareal, brutto	213 m ²

Tabell 24: Egenskaper for eksempelbygg. Enebolig fra 1900-1940

Bygningsdel/-komponent	Beskrivelse	Egenskap
Fasader	Reisverksvegg, uisolert	$U = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Tak	Sperretak med hanebjelke. - delvis skråttak - delvis bjelkelag mot kaldt loft.	$U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Etasjeskiller mot uoppvarmet kjeller, inkl. kjellerrom	Trebjelkelag med stubbeloftsleire	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer	To lag glass i koblet ramme (ev. enkelt glass med varevindu eller skiftet ut til tolags forseglet rute)	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dører	Trefyllingsdør.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2$
Lekkasjetall		$n_{50} = 10 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi		$\Psi'' = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$

7.3 VERNEKRAV

Vernekravene er gitt i tabell 25 sammen med forslag til tiltak som tar hensyn til begrensningene. Forslagene er benyttet i beregningene av energibesparelser med hensyn til kulturminnevern.

Perioden har både hus med fine detaljer og enklere hus. For alle varianter er vernekrav i form av bevaring av særegenheter og proporsjoner aktuelt.

Tabell 25: Vernekrav og mulige tiltak som tar hensyn til vernekrav. Enebolig fra 1900-1940

Vernekrav	Begrensning i tiltak	Valgte tiltak som tar hensyn til vernekrav
Beholde detaljer i fasaden Beholde proporsjoner og arkitektonisk uttrykk	Ikke mulig med utvendig isolert utlekting fordi det medfører endrede proporsjoner i forhold til vinduer og takutsikk, samt ev. endrer kledning og omramninger Innvendig isolering; vinduenes plassering i vegglivet kan ikke endres for å redusere kuldebroverdien	Innvendig isolert utlekting med ny innvendig kledning.
Beholde vinduer og vindusomramning	Ikke mulig å skifte vinduer eller ruter. Alternativt: Få spesialprodusert helt identiske vinduer med bedre varmeisolasjonsevne.	Erstatte innerste glass med tolags rute med. Forutsetter at rammen tåler dette. Nye tettelister. Isolere og tette mellom karm og vegg.
Beholde dører og omramning	Ikke mulig å skifte dører.	Ingen etterisolering/tiltak annet enn ev. reparasjon. Nye tettelister.
Unngå uthulling av vegg	Ikke mulig å installere balansert ventilasjon	Ingen energibesparende tiltak

7.4 TILTAK

Tabell 26 viser aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Tabell 27 viser aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Innvendig etterisolering gir BRA på 188 m² dvs. en reduksjon på 12 m².

**Tabell 26: Aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak.
Enebolig fra 1900-1940**

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Skifte vinduer til nye 3-lags med isolert karm/ramme Vinduene plasseres lenger ut i vegglivet for å minimalisere kuldebroverdien for overgang vindu/vegg. Tette mellom karm og vegg, samt tilsvarende rundt dører Nye tettelister på dører og vinduer	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Skifte til nye godt isolerte dører med isolert karm. Dører flyttes ut i vegglivet.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kaldt loft fra oversiden: Demontere golvbord og fjerne stubbeloftsleire Isolere mellom bjelker samt kontinuerlig isolasjon over bjelker. Totalt 400 mm isolasjon (plater med papir) Montere ny dampspørre og ny himling på undersiden av eksisterende himling	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Etterisolere skråtak fra undersiden: Lekte ned og etablere lufting Montere vindsperre Lekte ned 350 mm og isolere Montere dampspørre og ny himling	$U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kald kjeller: Demontere stubbeloft og fjerne stubbeloftsfyll. Isolere mellom bjelker (200 mm) Lekte ned og isolere, 150 mm Montere vindsperre og ny himling	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Etterisolere yttervegger fra utsiden: Fjerne eksisterende kledning Montere spikerslag, 200 mm Isolere i hulrom samt mellom lekter (totalt ca. 250 mm) Montere vindsperre og luftet kledning 100 mm utvendig isolering av kjellervegg over terreng for å redusere kuldebroverdien.	$U = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
7	Erstatte gamle panelovner med nye med termostat og nattsinking.	Temperatur natt: 21 °C	Temperatur natt: 19 °C
8	Installere balansert ventilasjon med varmegjenvinner	0 % gjenvinning	75 % gjenvinning
	Lekkasjetall (opprinnelig tall er inkl. ventilasjon)	$n_{50} = 10 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Kuldebroverdien var i utgangspunktet lav pga. uisolerte fasader. Utvendig etterisolering av fasader gir små kuldebroverdier. Økt kuldebro ved isolering av etasjeskiller mot kjeller og økt kuldebrovirkning i overgang vindu/vegg.	$\Psi'' = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabell 27: Aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. Enebolig fra 1900-1940

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Erstatte innerste glass med varevindu med tolags rute og LE-belegg og argongass. Lufttetting rundt dører og vinduer, inkl. nye tettelister.	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Innvendig isolering av yttervegger: Fjerne innvendig kledning Lekte ut 150 mm og isolere Montere dampsperre og ny innvendig kledning Isolere randen av mellombjelkelag	$U = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kald kjeller: Demontere stubbeloft og fjerne stubbeloftsfyll. Isolere mellom bjelker (200 mm) Lekte ned og isolere, 200 mm Montere vindsperre og ny himling	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
	For øvrig pkt. 3, 4 og 7 i tabell 26		
	Lekkasjetall	$n_{50} = 10,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Innvendig etterisolering av fasader gir økt kuldebroverdi. Vinduenes plassering i veggen i forhold til isolasjonssjiktet gir ikke optimal løsning mht. kuldebro.	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$

Barrierer mot gjennomføring av tiltakene med vernehensyn er spesielt innvendig isolering fordi det resuserer bruksarealet. For eksempel vil et rom på 9 m^2 ($3 \times 3 \text{ m}$) og to yttervegger reduseres med 1 m^2 . Den anbefalte isolasjonstykkelsen vil derfor kunne oppleves som problematisk i små og mellomstore rom.

7.5 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLGGING AV KULTURMINNEVERN

Andel av nasjonal bygningsmasse er basert på Statistisk Sentralbyrås (SSB) statistikk. Totalt oppvarmet boligareal i Norge [11] er estimert til 221 mill.m^2 .

I hht SSB finnes det 136 098 husholdninger i *frittliggende enebolig eller våningshus i tilknytning til gårdsdrift*. De har et gjennomsnittlig areal på 130 m^2 . Det gir et totalt areal på $17,7 \text{ mill. m}^2$ eller 8 % av det totale boligarealet.

Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern fremkommer ved differansen i energibehov multiplisert med arealet.

For eneboliger tilsvarende eksempelbygget som ikke er rehabilitert vil tiltakene gi energibesparelse på hhv 77 % uten vernehensyn og 66 % med vernehensyn. Spesifik energibruk per boligareal for enebolig er i hht SSB noe redusert fra 1995 til 2009. En realisering av energisparepotensialet slik vi

observerer reduserer det gjenværende potensialet, men endrer ikke forskjellen i energibesparelse med og uten vektlegging av kulturminnevern. Forskjellen i energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern blir da 1,2 TWh.

Dersom spesifikk energibruk skal reduseres til 30 kWh/m² år kan redusert energibesparelse bli opptill 2,4 TWh/år eller 6 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040.

8

Førkrigs leiegårder

8.1 BYGGESKIKK

I mellomkrigstiden ble det oppført en rekke bygninger med bærende teglvegger og betongdekker.

Bygningene var smale, omkring 9 meter, noe som gav godt lys til alle rom. De første etasjeskillere i betong kom rundt 1925, men trebjelkelag ble likevel brukt i boligblokker helt fram til andre verdenskrig. I perioden 1929 til 1940 ble det gradvis slutt på bruk av mur som bærende yttervegger og trebjelkelag i blokkbebyggelsen. Vanlig høyde var maks 4 etasjer men i de store byene som Oslo og Bergen ble det gitt mulighet for høyere bygg.

Taket var som regel gjerne saltak eller valmet tak. Fundamentering avhenger av grunnen, av type bygg og tilgjengelig teknikk og materialer. Murgårder er tunge og ofte er de fundamentert til fjell. Der dette ikke var mulig anvendte man tidlig treflåter som fundament, helt eller delvis.

En bitrapp i tilknytning til kjøkkeninngangen ga muligheter for fleksibel bruk. Den vanlige boligtypen ble basert på to og to leiligheter rundt et felles trapperom. Det ble bygget forholdsvis store leiligheter på 3 og 4 rom og med en gjennomsnittstørrelse på 70 - 80 m² for å gi en tilfredsstillende boligstandard til de ofte store familiene.

8.2 EKSEMPELBYGGET

Eksempelbygget har fasade av hulumur og dekker av betong. Bygget er smalt og har 4 etasjer med uoppvarmet loft og kjeller, se fig. 7. Takene var gjerne valmet. Slike gårder kan ha forretningslokaler i underetasjen. I eksempelbygget er det forutsatt at hele blokka er boligareal.

Geometri og arealer er gitt i tabell 28. Konstruksjoner og egenskaper er gitt i tabell 29.

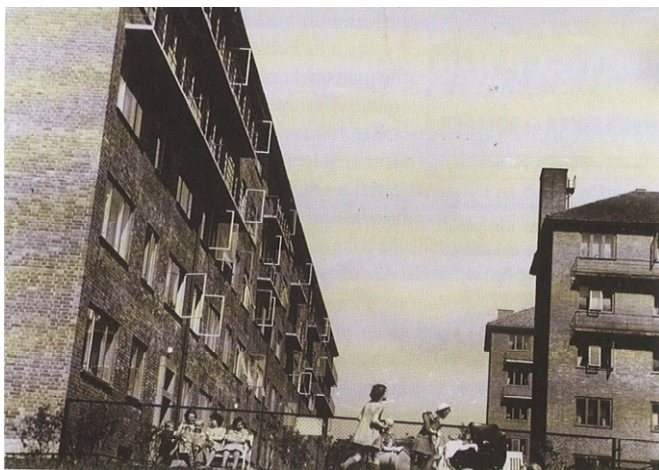


Fig. 7: Eksempelbygg – førkrigs leiegård (Kilde: [12])

Tabell 28: Geometri og arealer. Førkrigs leiegård

Parameter	Verdi
Oppvarmet gulvareal (BRA)	1224 m ²
Volum	3060 m ³
Areal vinduer og dører	244 m ²
Areal tak	306 m ²
Areal gulv	306 m ²
Fasadeareal, brutto	937 m ²

Tabell 29: Egenskaper for eksempelbygg. Førkrigs leiegård

Bygningsdel/-komponent	Beskrivelse	Egenskap
Fasader	Hulmur med innvendig utlektet, uisolert panel	$U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
Tak	Betongdekke med tilfarer isolert med kiselgur og kaldt loft	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Etasjeskiller mot uoppvarmet kjeller, inkl. kjellerrom	Betongdekke med oppfôret tregulv med kiselgur	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer	To lag glass i koblet ramme	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dører	Trefyllingsdør	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
Lekkasjetall		$n_{50} = 4,0 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi		$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

8.3 VERNEKRAV

Vernekravene er gitt i tabell 30 sammen med forslag til tiltak som tar hensyn til begrensningene. Forslagene er benyttet i beregningene av energibesparelser med hensyn til kulturminnevern.

Stiluttrykk kan være nybarokk, nyklassisisme eller funksjonalisme. Å bevare detaljer og dimensjoner og dermed blokkenes enhetlige preg er viktig. Vinduenes plassering i vegglivet har betydning for byggets estetikk, samt overflatebehandling og materialkvaliteter.

Tabell 30: Vernekrav og mulige tiltak som tar hensyn til vernekrav. Førkrigs leiegård

Vernekrav	Begrensning i tiltak	Valgte tiltak som tar hensyn til vernekrav
Beholde blokkenes enhetlige preg	Hindrer utvendig etterisolering fordi de det endrer arkitektonisk uttrykk pga. endret forhold mellom takutstikk, gesims, vindu, grunnmur og vegg.	Begrenset innvendig etterisolering (100 mm) forutsatt kontroll av frostbestandighet for tegl.
Beholde vinduenes plassering i vegg		Innvendig etterisolering gir økt kuldebroverdi
Beholde overflatebehandling og materialkvaliteter	Innvendig isolering; vinduenes plassering i vegglivet kan ikke endres for å redusere kuldebroverdien	Eventuell utskifting av vinduer krever at nye vinduer har identisk utseende som de eksisterende

8.4 TILTAK

Tabell 31 viser aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Tabell 32 viser aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Innvendig etterisolering gir BRA på 1173 m² dvs. en reduksjon på 51 m².

I tabell 32 med tiltak med vernehensyn er det forutsatt begrenset utlekting pga. risiko for frostsprenging i muren. For tiltak uten vernehensyn er det forutsatt U-verdi for yttervegg som overskrider minstekrav til lavenergistandard. Dette er fordi bedre U-verdi ikke er nødvendig mht. krav til varmetapstall og oppvarmingsbehov.

Tabell 31: Aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. Førkrigs leiegård

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Skifte vinduer til nye 3-lags med isolert karm/ramme Vinduene plasseres lenger ut i vegglivet for å minimalisere kuldebroverdien for overgang vindu/vegg. Tette mellom karm og vegg, samt tilsvarende rundt dører Nye tettelister på dører og vinduer	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Skifte til nye godt isolerte dører med isolert karm. Dører flyttes ut i vegglivet.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kaldt loft fra oversiden: Demontere tilfarergulv og fjerne kiselgur Isolere med 300 mm kontinuerlig isolasjon (isolasjonsplater med papir) Montere ny dampsperre og ny himling på undersiden av eksisterende himling	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kald kjeller fra nedsiden: Lekte ned 200 mm og isolere Vindsperre Ny himling Blåse inn isolasjon i tilfarergolv (forutsatt min. 50 mm hulrom)	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Utvendig isolering av fasader (langvegger): Puss på isolasjon, 150 mm. Forutsatt at takutstikk er tilstrekkelig.	$U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	100 mm utvendig isolering av kjellervegg over terreng for å redusere kuldebroverdien. I tillegg isolere kjellervegg innvendig i 1 m høyde oppunder etasjeskiller, 100 mm tykkelse.		
7	Erstatte gamle panelovner med nye med termostat og nattsenking.	Temperatur natt: 21 °C	Temperatur natt: 19 °C
8	Installere balansert ventilasjon med varmegjenvinner	0 % gjenvinning	75 % gjenvinning
	Lekkasjetall	$n_{50} = 4,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Utvendig etterisolering av fasader reduserer kuldebroverdien. Isolering av etasjeskiller mot kjeller gir noen kuldebroer.	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabell 32: Aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. Førkrigs leiegårder

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Erstatte innerste glass med varevindu med tolags rute og LE-belegg og argongass. Lufttetting rundt dører og vinduer, inkl. nye tettelister.	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Isolere etasjeskiller mot kaldt loft som beskrevet i pkt. 3 i tabell 31, men med 400 mm.	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Isolere etasjeskiller mot kald kjeller som beskrevet i pkt. 4 i tabell 31, men lekte ned 300 mm isolasjon.	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Innvendig etterisolering av fasader: Montere 100 mm isolert utlekting Montere dampsperre (godt klemt) og innvendig kledning. Alternativ 2: Isolere langvegg mot gården utvendig som beskrevet i pkt. 5 i tabell 31 dersom vernehensyn tillater det.	$U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$
	For øvrig som pkt. 7 i tabell 31.		
	Lekkasjetall	$n_{50} = 4,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Innvendig etterisolering av fasader gir økt kuldebroverdi. Vinduenes plassering i veggen i forhold til isolasjonssjiktet gir ikke optimal løsning mht. kuldebro.	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$

Barrierer mot gjennomføring av tiltakene med vernehensyn er spesielt innvendig isolering fordi det resuserer bruksarealet. I tillegg til isolasjon vil behov for innvendig kledning ytterligere redusere arealet. Den anbefalte isolasjonstykkelsen vil derfor kunne oppleves som problematisk i små og mellomstore rom.

8.5 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLGGING AV KULTURMINNEVERN

Andel av nasjonal bygningsmasse er basert på Statistisk Sentralbyrås (SSB) statistikk. Totalt oppvarmet boligareal i Norge [11] er estimert til 221 mill. m².

I hht SSB finnes det 38 570 husholdninger i *blokk, leiegård eller annet boligbygg med 3 etasjer eller mer* fra perioden 1921 – 1940. De har et gjennomsnittlig areal på 120 m². Det gir et totalt areal på 4,6 mill. m² eller 2,1 % av det totale boligarealet.

Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern fremkommer ved differansen i energibehov multiplisert med arealet.

For førkrigs leiegårder tilsvarende eksempelbygget som ikke er rehabilitert vil tiltakene gi energibesparelse på hhv 65 % uten vernehensyn og 46 % med vernehensyn. Med vernehensyn alternativ 2 blir energibesparelsen 48 %. Spesifikt energibruk per boligareal for enebolig er ihht SSB noe redusert fra 1995 til 2009. En realisering av energisparepotensialet slik vi observerer, reduserer det gjenværende potensialet, men endrer ikke forskjellen i energibesparelse med og uten vektlegging av kulturminnevern. Forskjellen i energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern blir da 0,2 TWh.

Dersom spesifikk energibruk skal reduseres til 30 kWh/m² år kan redusert energibesparelse bli opptill 0,7 TWh/år eller 1,6 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040.

9 Boligblokker fra 1950-1970

9.1 BYGGESKIKK

Byggemåten for blokkene varierte. Det ble fortsatt bygget mange blokker med fasade i tegl, men veggene kunne også være murt i betonghullstein eller støpt i betong. Noen lavere bygninger hadde fasader av porebetongblokker. Fasadene var pusset.

Betongfasadene hadde først innvendig isolasjon med plater av ekspandert kork og av treullsement som ble faststøpt og pusset innvendig. Fra slutten av 1950-tallet ble lettbetong (porebetong) vanlig som isolasjonsmateriale. Det ble da vanlig å isolere utvendig for å redusere kuldebroene. Senere kom også lettklinker. Blokkene har armert betong i dekker og ofte tilfarergulv. [18]

9.2 EKSEMPELBYGGET

Eksempelbygget har fasader og dekker i betong, se fig. 5. Eksempel på typisk bygningsform er vist i fig. 8. Geometri og arealer er gitt i tabell 33. Konstruksjoner og egenskaper er gitt i tabell 34.

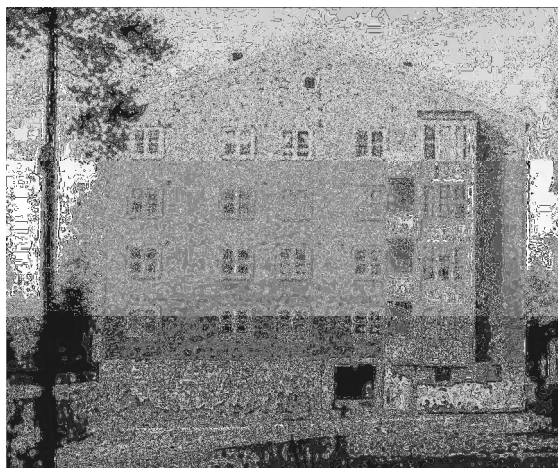


Fig. 8: Eksempelbygg – boligblokker fra 1950 - 1970 (Kilde: [19])

Tabell 33: Geometri og arealer. Boligblokk fra 1950-1970

Parameter	Verdi
Oppvarmet gulvareal (BRA)	1 045 m ²
Volum	2 926 m ³
Areal vinduer og dører	196 m ²
Areal tak	261 m ²
Areal gulv	261 m ²
Fasadeareal, brutto	780 m ²

Tabell 34: Egenskaper for eksempelbygg. Boligblokk fra 1950-1970

Bygningsdel/-komponent	Beskrivelse	Egenskap
Fasader	Betong, utvendig isolert med 100 mm lettbetong (porebetong), pusset	$U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$
Etasjeskiller mot uoppvarmet loft	Betongdekke med tilfarergulv, isolert med plater, tangmatte eller kiselgur	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Etasjeskiller mot uoppvarmet kjeller	Betongdekke med tilfarergulv, isolert med plater, tangmatte eller kiselgur	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer	To lag glass i koblet ramme	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dører	Tredører	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
Lekkasjetall		$n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi		$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$

9.3 VERNEKRAV

Det har til nå vært lite aktuelt å stille vernekrav til boligblokker fra 1950 – 1970, men det vil ifølge Riksantikvaren bli aktuelt framover. Tabell 35 angir vernekrav sammen med tiltak som tar hensyn til begrensningene. Disse tiltakene er benyttet i beregningene av energibesparelser.

Tabell 35: Vernekrav og mulige tiltak som tar hensyn til vernekrav. Boligblokk fra 1950-1970

Vernekrav	Begrensning i tiltak	Valgte tiltak som tar hensyn til vernekrav
Beholde arkitektonisk uttrykk og overflatematerialer, spesielt på hovedfasader	Hindrer utvendig etterisolering fordi de endrer arkitektonisk uttrykk pga. endret forhold mellom takutstikk, gesims, vindu, grunnmur og vegg. Innvendig isolering; vinduenes plassering i vegglivet kan ikke endres for å redusere kuldebroverdien	Innvendig isolert utlekting med ny innvendig kledning. Innvendig etterisolering gir økt kuldebroverdi Utskifting av vinduer krever at nye vinduer har identisk utseende som de eksisterende

9.4 TILTAK

Tabell 36 viser aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Tabell 37 viser aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Innvendig etterisolering gir BRA på 1007 m², dvs. en reduksjon på 38 m².

For tiltak uten vernehensyn er det forutsatt U-verdi for yttervegg som overskrider minstekrav til lavenergistandard. Dette er fordi bedre U-verdi ikke er nødvendig mht. krav til varmetapstall og oppvarmingsbehov.

**Tabell 36: Aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak.
Boligblokk fra 1950-1970**

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Skifte vinduer til nye 3-lags med isolert karm/ramme Vinduene plasseres lenger ut i vegglivet for å minimalisere kuldebroverdien for overgang vindu/vegg. Tette mellom karm og vegg, samt tilsvarende rundt dører Nye tettelister på dører og vinduer	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Skifte til nye godt isolerte dører og balkongdører med isolert karm. Vinduer i balkongdører får kvalitet som øvrige vinduer. Dører flyttes ut i vegglivet.	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Tilleggsisolere etasjeskiller mot kaldt loft fra oversiden: Fjerne eksisterende tilfarergulv og isolerende materialer på oversiden av etasjeskilleren. Isolere med 300 mm kontinuerlig isolasjon.	$U = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
4	Etasjeskiller mot uoppvarmet kjeller: Blåse inn isolasjon i hulrommet i tilfarergulvet. Forutsatt min. 50 mm hulrom. Montere spikerslag under dekket og isolere 150 mm mellom spikerslagene.	$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
5	Fasader: Utvendig isolering av alle fasader med 150 mm isolasjon i kontinuerlig sjikt. Isolasjonen pusses.	$U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
6	Erstatte gamle panelovner med nye med termostat og nattsenking.	Temperatur natt: 21 °C	Temperatur natt: 19 °C
7	Installere balansert ventilasjon med varmegjenvinner	0 % gjenvinning	75 % gjenvinning
	Lekkasjetall	$n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Det blir større kuldebroer i etasjeskiller mot kjeller. Det blir mindre kuldebroer i etasjeskiller mot kaldt loft, rundt vinduer og dører og i fasader.	$\Psi'' = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi'' = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabell 37: Aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak.
Boligblokk fra 1950-1970

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Isolere etasjeskiller mot kaldt loft som beskrevet i pkt. 3 i tabell 36, men med 400 mm.	$U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
2	Isolere etasjeskiller mot kald kjeller som beskrevet i pkt. 4 i tabell 36, men lekte ned 300 mm isolasjon.	$U = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
3	Innvendig etterisolering av fasader: Montere 150 mm isolert utlekting Montere dampsperre (godt klemt) og innvendig kledning.	$U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$
	For øvrig som pkt. 1, 2 og 7 i tabell 36.		
	Lekkasjetall	$n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$
	Normalisert kuldebroverdi: Det blir større kuldebroer i etasjeskiller mot kjeller. Det blir mindre kuldebroer i etasjeskiller mot kaldt loft og rundt vinduer og dører.	$\Psi'' = 0,03$	$\Psi'' = 0,14$

Barrierer mot gjennomføring av tiltakene med vernehensyn er spesielt innvendig isolering fordi det resuserer bruksarealet. For eksempel vil et rom på 9 m^2 ($3 \times 3 \text{ m}$) og to yttervegger reduseres med 1 m^2 . Den anbefalte isolasjonstykkelsen vil derfor kunne oppleves som problematisk i små og mellomstore rom. Betydelig isolasjon mot kladd loft og kjeller vil også redusere høyden i rommet.

9.5 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLGGING AV KULTURMINNEVERN

Andel av nasjonal bygningsmasse er basert på Statistisk Sentralbyrås (SSB) statistikk. Totalt oppvarmet boligareal i Norge [11] er estimert til 221 mill.m^2 .

I hht SSB finnes det 128 113 husholdninger i *blokk, leiegård eller annet boligbygg med 3 etasjer eller mer* fra perioden 1946 – 1970. De har et gjennomsnittlig areal på 106 m^2 . Det gir et totalt areal på 11 mill. m^2 eller 5 % av det totale boligarealet.

Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern fremkommer ved differansen i energibehov multiplisert med arealet.

For boligblokker tilsvarende eksempelbygget som ikke er rehabilitert, vil tiltakene gi energibesparelse på hhv. 64 % uten vernehensyn og 55 % med vernehensyn. Spesifikt energibruk per boligareal for enebolig er i hht SSB noe redusert fra 1995 til 2009. En realisering av energisparepotensialet slik vi observerer reduserer det gjenværende potensialet, men endrer ikke forskjellen i energibesparelse med og uten vektlegging av kulturminnevern. Forskjellen i energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern er estimert til 0,4 TWh.

Dersom spesifikk energibruk skal reduseres til 30 kWh/m^2 år kan redusert energibesparelse bli opptil $2,3 \text{ TWh/år}$ eller 5,8 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040.

10 Husbankhus fra 1950-1970

10.1 BYGGESKIKK

Etter andre verdenskrig var det et enormt behov for nye boliger. Spesielt i de mest krigsherjede landsdelene var det nødvendig med intensiv gjenreisning.

Boligdirektoratet i Oslo hadde ansvaret for å utarbeide typetegninger. Det ble utarbeidet tegninger for vertikaldelte tomannsboliger, vertikal- og horisontaldelte firemannsboliger og ikke minst en rekke eneboliger for bruk både i byen, tettstedet og på landsbygda. De samme typetegningene ble brukt over hele landet på 1940- og 1950-tallet. Det som karakteriserer disse bolighusene er en nøktern materialbruk og knapp detaljering, og en rektangulær eller kvadratisk bygningsform.

Først på slutten av 1970-tallet, da utviklingen innenfor boligbyggingen hadde gjort løsningene til husbankens typetegninger gammeldagse, sluttet man å produsere hus etter disse typetegningene.

Husene ble satt opp i lett bindingsverk i tre. Husene hadde i 1 ½ - 2 etasjer og saltak. Ytterveggene var isolert med mineralull og kledd med stående eller liggende panel. Taket tekket med skifer eller papp eller tegl- eller betongstein.

10.2 EKSEMPELBYGGET

Husene hadde bindingsverksvegger som etter hvert ble isolert med mineralull. Eksempelbygget er valgt som en to-etasjes enebolig med kaldt loft og gulv på grunnen, se fig. 9. Bygget har en tilnærmet kvadratisk form og gulv på grunnen. Boligenes størrelse var relativt beskjedne.

Geometri og arealer er gitt i tabell 38. Konstruksjoner og egenskaper er gitt i tabell 39.



Figur 9: Eksempelbygg – husbankhus, 1950 – 1970 (Kilde: [12])

Tabell 38: Geometri og arealer. Husbankhus fra 1950-1970

Parameter	Verdi
Oppvarmet gulvareal (BRA)	100 m ²
Volum	240 m ³
Areal vinduer og dører	20 m ²
Areal tak	50 m ²
Areal gulv	50 m ²
Fasadeareal, brutto	147 m ²

Tabell 39: Egenskaper for eksempelbygg. Husbankhus fra 1950-1970

Bygningsdel/-komponent	Beskrivelse	Egenskap
Fasader	Bindingsverksvegg, 2" x 4" stendere, isolert med mineralull (100 mm). Vindsperre og dampspærre. Innvendig panel eller plater.	$U = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
Tak	Trebjelkelag mot kaldt loft. Isolert med 100 mm mineralull. Senteravstand bjelker 45 cm. Bjelkehøyde 203 mm. Taktekking av papp eller skiferheller.	$U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Gulv på grunnen	50 mm isolasjon mellom 100 mm tilfarere på plasstøpt bunnplate.	$U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vinduer	Koblede vinduer eller forseglede ruter med luft i hulrom	$U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dører	Tredør	$U = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
Lekkasjetall		$n_{50} = 3,5 \text{ h}^{-1}$
Normalisert kuldebroverdi		$\Psi = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$

10.3 VERNEKRAV

Vernekravene er gitt i tabell 40 sammen med forslag til tiltak som tar hensyn til begrensningene. Forslagene er benyttet i beregningene av energibesparelser med hensyn til kulturminnevern.

Tabell 40: Egenskaper for eksempelbygg. Husbankhus fra 1950-1970

Vernekrav	Begrensning i tiltak	Valgte tiltak som tar hensyn til vernekrav
Beholde vinduenes plassering i veggen	Ingen utvendig etterisolering	Innvendig isolert utlekting med ny innvendig kledning.
Beholde arkitektonisk uttrykk	Alternativt: Utvendig isolert utlekting med begrenset tykkelse og flytte vinduene tilsvarende lenger ut i veggen. Størrelse på utlekting må sees i forhold til takutstikk.	Utskifting av vinduer krever at nye vinduer har identisk utseende som de eksisterende
Beholde utvendig kledningstyper		

10.4 TILTAK

Tabell 41 viser aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Tabell 42 viser aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Innvendig etterisolering gir BRA på 92 m², dvs. en reduksjon på 8 m².

Husbankhuset har gulv på grunnen. Av hensyn til romhøyde er det foreslått kun 50 mm oppføring. U-verdien for gulvet overskrider dermed minstekrav for lavenergiboliger.

Tabell 41: Aktuelle tiltak uten hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak. Husbankhus fra 1950-1970

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
1	Skifte vinduer til nye 3-lags med isolert karm/ramme Vinduene plasseres lenger ut i vegglivet for å minimalisere kuldebroverdien for overgang vindu/vegg. Tette mellom karm og vegg, samt tilsvarende rundt dører Nye tettelister på dører og vinduer	U = 2,6 W/m²K	U = 0,8 W/m²K
2	Skifte til nye godt isolerte dører og balkongdører med isolert karm. Vinduer i balkongdører får kvalitet som øvrige vinduer. Dører flyttes ut i vegglivet.	U = 2,9 W/m²K	U = 0,8 W/m²K
3	Tak, etasjeskiller mot kaldt loft: Fjerne eksisterende isolasjon (dårlig kvalitet). Fylle bjelkelaget med mineralull (200 mm). Legge ut 200 mm kontinuerlig isolasjon på kaldt loft. Montere ny dampsperre og ny himling på undersiden av eksisterende himling	U = 0,40 W/m²K	U = 0,10 W/m²K
4	Fasade: Demontere eksisterende utvendig kledning, fjerne eksisterende vindsperre og isolasjon. Isolere bindingsverk. Lekte ut 150 mm (forutsetter at dette ikke får konsekvenser for takutstikk), isolere, montere vindsperre, luftespalte og ny kledning. Fjerne innvendig kledning og dampsperre. Legge ny dampsperre. Lekte ut innvendig 50 mm og isolere. (Totalt 300 mm isolasjon)	U = 0,5 W/m²K	U = 0,15 W/m²K
5	Gulv på grunnen: Rive eksisterende gulv ned til bunnplate. Legge 100 mm kontinuerlig isolasjon før ny parkett eller fliser. Forutsettes at eksisterende konstruksjoner som vegger, kjøkkeninnredning, bad, elektrisk anlegg og VVS-anlegg ikke må tilpasses nye konstruksjoner av inngrepet. Tiltaket inkluderer heving og tilpassing av fire innvendige dører. Heving av ytterdør inkludert i utskifting. Utvendig grave opp og ringmurisolere med 100 mm XPS.	U = 0,66 W/m²K	U = 0,23 W/m²K
6	Erstatte gamle panelovner med nye med termostat og nattsenkning.	Temperatur natt: 21 °C	Temperatur natt: 19 °C
7	Installere balansert ventilasjon med varmegjenvinner	0 % gjenvinning	75 % gjenvinning
	Normalisert kuldebroverdi:	$\Psi = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$	$\Psi = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Lekkasjetall	$n_{50} = 3,5 \text{ h}^{-1}$	$n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$

**Tabell 42: Aktuelle tiltak med hensyn til verneverdi. Egenskaper før og etter tiltak.
Husbankhus fra 1950-1970**

Nr.	Beskrivelse	Egenskap før tiltak	Egenskap etter tiltak
	Fasade alt. 1: Fjerne innvendig kledning og dampsperre. Skifte eksisterende isolasjon dersom dårlig, montere ny dampsperre, lekte ut og isolere 150 mm. Montere ny kledning.	U= 0,50 W/m ² K	U = 0,18 W/m ² K
	Fasade alt. 2: Demontere eksisterende utvendig kledning. Lekte ut (forutsetter at dette ikke får konsekvenser for takutstikk og at det arkitektoniske uttrykket beholdes), skifte eksisterende isolasjon dersom dårlig, isolere med 50 mm mineralull 0,037, montere vindsperre, etablere luftespalte dersom dette ikke eksisterer og montere ny kledning.		U= 0,29 W/m ² K
	For øvrig tiltak nr. 1, 2, 3, 5, 6 i tabell 41.		
	Normalisert kuldebroverdi:	Ψ = 0,05 W/m ² K	Ψ = 0,04 W/m ² K
	Lekkasjetall	n ₅₀ = 5,0 h ⁻¹	n ₅₀ = 2,5 h ⁻¹
	Ventilasjon	0,9 m ³ /hm ²	0,9 m ³ /hm ²

Barrierer mot gjennomføring av tiltakene med vernehensyn er spesielt isolering som fører til at romhøyden blir lavere. Romhøyden i slike boliger er allerede lave på grunn av ønske om lite materialbruk. Det vil i de fleste tilfeller føre til en uakseptabel romhøyde å etterisolere gulvet, spesielt med en mengde som tilfredsstiller minstekravene til lavenergi. I mange tilfeller vil det være et bad eller kjøkken i 1. etg. Tilleggisolering av hele gulvet i 1. etg. vil da føre til store kostnader som ikke er medregnet i denne rapporten. Isolering av gulv på bad bør gjøres i forbindelse med rehabilitering

10.5 REDUSERT ENERGIBESPARELSE VED VEKTLÉGGING AV KULTURMINNEVERN

Andel av nasjonal bygningsmasse er basert på Statistisk Sentralbyrås (SSB) statistikk. Totalt oppvarmet boligareal i Norge [11] er estimert til 221 mill.m².

I hht SSB finnes det 128 113 husholdninger i *frittliggende enerbolig eller våningshus i tilknytning til gårdsdrift* fra perioden 1946 – 1970. De har et gjennomsnittlig areal på 106 m². Det gir et totalt areal på 37,2 mill.m² eller 17,6 % av det totale boligarealet. Legger vi til grunn Husbankens statistikk [17] over eneboliger tatt i bruk i perioden 1951 – 1970 og antar gjennomsnittlig areal er 80 m² gir det et totalt areal på 20 mill. m² eller 9,1 % av det totale boligarealet.

Redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern fremkommer ved differansen i energibehov multiplisert med arealet.

For husbankhus tilsvarende eksempelbygget som ikke er rehabilitert vil tiltakene gi energibesparelse på hhv 59 % uten vernehensyn og 50 % med vernehensyn. Spesifik energibruk per boligareal for enebolig er ihht SSB noe redusert fra 1995 til 2009. En realisering av energisparepotensialet slik vi observerer reduserer det gjenværende potensialet, men endrer ikke forskjellen i energibesparelse med og uten vektlegging av kulturminnevern. Forskjellen i energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern er estimert til 1,3 TWh. Legger vi husbankens statistikk til grunn estimeres energibesparelse nasjonalt ved vektlegging av kulturminnevern til 0,7 TWh/år.

Dersom spesifikk energibruk skal reduseres til 30 kWh/m² år kan redusert energibesparelse bli opptil 3,8 TWh/år eller 9,5 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040. Legger vi husbankens statistikk til grunn redusert energibesparelse bli opptil 2 TWh/år eller 5 % av potensialet estimert av Arnstadutvalget for 2040.

11 Referanser

- [1] Blom, Skåret; Prosjektrapport 69, Ventilasjon og luftkvalitet i småhus, 1995
- [2] Drange, Aanensen, Brønne. Gamle trehus, Universitetsforlaget 1992
- [3] Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040
- [4] Forbruksundersøkelsen 2009, Statistisk Sentralbyrå. Presentasjon for Enova januar 2011.
- [5] Fredrica Miller, Gaia; Markveien 13, Utbedring med miljøriktige løsninger, 2003.
- [6] Godt nok! En veileder om tiltak i boligbygg, Høringsutkast 2005
- [7] Husbanken 60 år – et jubileums skrift 1946 -2006
- [8] Husbanken 65 år i Bergen fra 1946 til 2011
- [9] Informasjonsark, Byantikvaren i Oslo
- [10] KRDs arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg. Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040.
- [11] Multiconsult, Kluge. Konsekvensanalyse av å innføre nye forskriftskrav til energieffektivisering av bygg.
- [12] Reiersen, Thue. De tusen hjem. Den Norske stats husbank 1946-96, 1996.
- [13] SINTEF; Fiin gammel årgang. Energisparing i verneverdige hus; 2004
- [14] Statistisk Sentralbyrå, [Http://www.ssb.no/emner/02/01/fobbolig/tab-2002-09-23-07.html](http://www.ssb.no/emner/02/01/fobbolig/tab-2002-09-23-07.html)
- [15] Statistisk Sentralbyrå, [Http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/tab-2011-04-19-05.html](http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/tab-2011-04-19-05.html)
- [16] Statistisk Sentralbyrå, [Http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/tab-2011-04-19-03.html](http://www.ssb.no/emner/01/03/10/husenergi/tab-2011-04-19-03.html)
- [17] Tidsserier med data for husbankhus. Personlig kommunikasjon med Husbanken mai 2011.
- [18] Uttrekk fra Sefrakregisteret, Riksantikvaren. Personlig kommunikasjon juni 2011.
- [19] SINTEF Byggforsk, NTNU Samfunnsforskning. Bærekraftig oppgradering av boligblokker. Bakgrunnsrapport – Programmets forutsetninger og utfordringer. 2009
- [20] <http://miljolare.no/tema/kulturminner/artikler/stilhistorie.php>
- [21] SINTEF Byggforsk, Byggforskserien:
Byggdetaljer:
471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer
471.011 U-verdier. Etasjeskillere
471.012 U-verdier. Vegger over terreng
471.013 U-verdier. Tak
Byggforvaltning:
614.014 Bygningslovgivning og byggebestemmelser fra første halvdel av 1800-tallet til 1930

- 614.016 Byggebestemmelser 1924 - 1996. Krav til utførelse
- 722.310 Etasjeskillere med trebjelkelag i eldre bolighus fra perioden 1850-1955
- 722.311 Golv på grunnen og etasjeskillere av stål og betong i bygårder fra perioden 1850-1955
- 722.506 Etterisolering av etasjeskillere over kjeller og kryperom
- 723.312 Etterisolering av betong- og murvegger
- 723.511 Etterisolering av yttervegger av tre
- 733.162 Utbedring av eldre trevinduer
- 700.320 Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler

Vedlegg 1: Beregningsforutsetninger for energiberegninger

Kilder

U-verdier er hentet fra Byggforskserien eller beregnet iht. NS-EN ISO 6946 "Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgangskoeffisient. Beregningsmetode". Enkelte U-verdier er også hentet fra litteraturen der eksempelbygg er hentet fra. U-verdier som er oppgitt for etasjeskillere mot kaldt loft og kald kjeller er inkludert varmemotstanden for det kalde rommet.

Størrelsen på lekkasjetallet for hver bygningstype er usikkert og det fins begrenset med målinger for eldre bygninger. Lekkasjetallet kan variere svært mye fra hus til hus av samme type og alder. Lekkasjetallene er valgt slik at energibesparelsen ved tetteltak ikke skal bli gunstigere enn det som er sannsynlig at de fleste slike bygningstyper vil kunne oppnå. Tall for infiltrasjon og ventilasjon er blant annet hentet fra Prosjektrapport 69 fra SINTEF Byggforsk [1].

Normaliserte kuldebroverdier er delvis fastsatt på grunnlag av simuleringer med todimensjonalt simuleringsprogram og delvis på grunnlag av tabellverdier i Byggforskserien og NS 3031, samt erfaringer. Generelt vil eldre, uisolerte konstruksjoner ha lav normalisert kuldebroverdi. Årsaken er at en kuldebroverdi forteller noe om økningen i varmetap som følge av en svekkelse i isolasjonssjiktet. Eldre konstruksjoner vil imidlertid ha geometriske kuldebroer i form av bl.a. hjørner.

Alle vindusarealer er inkludert areal av karm og ramme. Fasadearealer er innvendig mål fra overkant nederste dekke til underkant øverste dekke. Volum inkluderer ikke volum av etasjeskillere.

Beregningsmetode og forutsetninger

Beregning av netto energibehov

Årlig energibehov er beregnet iht. NS 3031:2007 "Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data". Det er benyttet energisimuleringsprogrammet "Simien" fra Programbyggerne.

For å fastsette energibesparelsen ved de ulike tiltakene er det valgt å benytte standardiserte verdier for effektbehov til og varmeavgivelse fra belysning og utstyr. For opprinnelig bygg er det benyttet verdier i henhold til NS 3031. Etter tiltak er det forutsatt verdier iht. tillegg A i NS 3031 og NS 3700, dvs. som gjelder for lavenergibygger og for bygninger bygget etter Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, TEK10. Energiforbruk for oppvarming av varmt tappevann er også satt lik standardisert verdi iht. NS 3031 og NS 3700.

Beregningene er gjort for et middelloklima iht. NS 3031, som tilsvarer Oslo-klima. I andre deler av landet med andre midlere utetemperaturer og/eller andre vindforhold vil beregnet energibesparelse avvike fra beregningsresultatene i denne rapporten. For eksempel vil tetteltak være mest effektivt i vindutsatte områder, men etterisoleringstiltak gir størst besparelse i kalde strøk.

Innetemperaturen er forutsatt standard innetemperatur iht. NS 3031, dvs. 21 °C i driftstid og 19 °C utenom driftstid for oppvarming med termostat (etter tiltak).

Innvendig etterisolering av fasader reduserer oppvarmet gulvareal. Med redusert BRA blir spesifikt energibehov for det samme huset høyere enn om gulvarealet ikke ble redusert (utvendig

etterisolering). BRA er derfor redusert for tiltak med hensyn til verneverdi, hvor innvendig isolering er aktuelt.

Innvendig isolering gir også mindre beregningsmessig fasadeareal og areal av etasjeskillere mot loft og kjeller, samt areal av gulv på grunnen. Med de samme vinduene blir dermed andel dør- og vindusareal i forhold til BRA høyere.

Lekkasjetall og luftskifter ved ventilasjon er hentet fra blant annet [1] og [13]. Ved tiltak uten hensyn til vern er det forutsatt at det gjøres tetttiltak som gjør at bygget tilfredsstiller minstekrav til lekkasjetall for lavenergi boliger på $1,0 \text{ h}^{-1}$.

For opprinnelig bygg og ved tiltak med hensyn til verneverdi er det forutsatt naturlig ventilasjon. For tiltak uten hensyn til vern er det forutsatt balansert ventilasjon. Bakgrunnen for valg av forutsetninger er gitt i pkt. 4.1. Siden installasjon av balansert ventilasjon kan være problematisk av plasshensyn, og energibesparelsen kan være begrenset, se pkt. 4.1, er det regnet både med og uten kostnader for balansert ventilasjon i lønnsomhetsberegningene uten vernehensyn, uten å endre energibesparelsen.

For å oppnå lavenergi standard er det forutsatt minste luftmengder iht. NS 3700. Dette innebærer lavemitterende materialer. Utskifting av interiør eller behandling av innvendig overflater utenom det som følger av etterisolering, er ikke inkludert i lønnsomhetsberegningene.

Levert energi fra statistikk

Utgangspunktet for estimering av redusert energibesparelse ved vektlegging av kulturminnevern er spesifikt energibehov (energiebehov per kvadratmeter og år) og antall kvadratmeter oppvarmet areal for de enkelte kategoriene. Ingen av disse dataene er tilgjengelig og de må derfor estimeres. Statistikk over antall bygg eller husholdninger sammen med midlere størrelse benyttes derfor for å estimere oppvarmet areal.

Eksempelbyggene gir oss informasjon om energibehovet slik de var bygget. For mange av byggene vil det være gjennomført energisparetiltak slik at det faktiske energibehovet er mindre enn beregningene for eksempelbyggene skulle tilsi.

For å aggregere opp til nasjonale tall benytter vi estimerer for antall kvadratmeter oppvarmet areal innenfor hver av kategoriene. Denne tilnærmingen er i utgangspunktet den samme som Lavutslippsutvalget og Arnstadutvalget har benyttet. Beregningene i denne rapporten baserer seg imidlertid på data for de enkelte kategorier bygninger, en såkalt "bottom-up" tilnærming. Nasjonale estimat, og spesielt fremskrivninger slik vi finner i Lavutslippsutvalget og Arnstadutvalget tar utgangspunkt i totale estimat for eksisterende bygningsmasse, antakelser om nybygging og avgang av bygningsmasse. Dvs en såkalt "top-down" tilnærming. Sammenlikner man resultater av studier med de to tilnærmingene vil som oftest bottom-up gi en lavere verdi. I tillegg er ikke alle bygningskategorier inkludert og ikke minst er ikke nybygg med i beregningene. Estimert energibehov kan derfor ikke sammenliknes med fremskrivninger. Differansen mellom lavenergi standard og nivået som fremkommer med hensyn til kulturminnevern kan derimot sammenliknes med fremskrivninger.

Vedlegg 2: Beregningsforutsetninger for lønnsomhetsberegninger

Kostnadene er beregnet ut ifra Norsk prisbok 2010² og erfaringstall. Fra Norsk prisbok er det hovedsakelig benyttet stk og m²-priser. Forholdet mellom store og små bygg er derfor likt, selv om større overflater normalt reduserer enhetsprisen. Kostnader til rigg og drift er satt til 15 % for alle byggene der det er tenkt at mindre bygg krever en forholdsmessig større rigg enn større bygg, men at større bygg krever mer arbeid pga. forhold til flere beboere. Kostnadene er beregnet med utgangspunkt i at byggene ligger i Oslo. Bygninger utenfor Oslo får normalt litt reduserte byggekostnader. Kalkulasjonsrente er satt til 7 %. Energipris er satt til 1 krone per kWh.

I kostnadene regnes det med at det er de energieffektiviserende tiltakene som utløser vedlikeholdskostnadene. Kostnader som er inkludert i analysene er for eksempel ny utvendig panel og maling av denne som et følge av at man leker ut og isolerer. Noen forhold som kan påvirke prisen er gitt i tabell 43. Timepriser og materialkostnader varierer også fra prosjekt til prosjekt.

Det er kun vurdert kostnader i forbindelse med de nevnte tiltakene, og eventuelle ekstrakostnader for utbedring av svekkelser som setnings-, fukt og råteskader er ikke inkludert. Det er heller ikke vurdert eventuelle kostnader for oppgradering som kan være naturlig å utføre i forbindelse med de energibesparende tiltakene. Det er ikke inkludert kostnader for utskifting av lysarmaturer. For balansert ventilasjon er det forutsatt sentralt anlegg. Desentralt anlegg vil gi noe lavere installasjonskostnader, men overlater vedlikeholdet til beboer. Se for øvrig forutsetninger gitt i pkt. 2.3.

Tabell 43: Forutsetninger som påvirker prisen

Kan gi høyere kostnad pr kWh enn forutsatt	Kan gi lavere kostnad pr kWh enn forutsatt
Ingen tiltak er gjort siden byggeår	Energieffektiviseringen utløses av vedlikehold, dvs. noen av kostnadene ville kommet uansett pga. vedlikeholdsbehov
Byggene er mer komplisert i geometri og detaljer enn eksempelbyggene	Ingen egeninnsats er medregnet
Det er benyttet enhetspriser som er beregnet brukt for større overflater	
Noen momenter er ikke inkludert, som for eksempel intern flytting av inventar og vegger, rehabilitering av bad m.m.	
I kostnadene er tall fra 2010 lagt til grunn (siste versjon av norsk prisbok)	

Levetiden for tiltakene er satt tilsvarende byggets levetid. For tiltakene med kortere levetid er disse tenkt som en vedlikeholdskostnad uavhengig av at byggene er energieffektivisert. Dette er som en forenkling også gjort for det balanserte ventilasjonsanlegget, selv om dette kan ha kortere levetid sammenlignet med bygningsmessige tiltak. Priser for produkter og for gjennomføring av arbeidene vil kunne påvirkes av omfanget av rehabilitering til bedre energistandard i framtiden. Mer kunnskap og erfaring om tiltakene vil kunne gi bedre og mer effektive løsninger med færre byggefeil.

² Norconsult Informasjonssystemer. Norsk prisbok 2010.

Vedlegg 3: Underlag for beregnet total kostnad for tiltak

Oppsummering

Beregnet total kostnad for tiltakene (kr). Kostnader inkludert rigg og drift og mva.

Bygning	Uten hensyn til vernekrav	Uten ventilasjonsanlegg	Med hensyn til vernekrav	Med hensyn til vernekrav, alternativ 2
Murgård fra 1800-tallet	2 344 246	1 883 842	1 369 898	1 784 045
Panelt tømmerhus fra før 1900	1 005 117	829 560	830 932	
Enebolig fra 1900-1940	1 202 186	1 017 979	592 359	
Førkrigs leiegård	5 052 144	3 999 702	2 841 615	3 221 374
Boligblokk fra 1950-1970	4 131 889	3 141 754	2 525 973	
Husbankhus fra 1950-1970	840 936	724 346	464 939	539 095

Murgård 1800-tallet

Uten hensyn til vernekrav, iht. tabell 16.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	425 619
Skifte dører	9 882
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	115 960
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	124 304
Isolere etasjeskiller mot portrom	
Isolere fasader fra utsiden	542 755
Isolere portrom fra utsiden	
Isolere kjellervegg utvendig og innvendig	
Erstatte gamle panelovner med nye	91 979
Balansert ventilasjonsanlegg	320 281

Med hensyn til vernekrav, iht. tabell 17.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Sette inn nytt varevindu	400 029
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	109 651
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	108 221
Isolere etasjeskiller mot portrom	
Alt. 1: Innvendig isolering av vegger	247 933
Utvendig isolering av portrom	
Erstatte gamle panelovner med nye	87 138

Med hensyn til vernekrav alternativ 2.
Isolere en langvegg utvendig: Kr. 518 660

Panelt tømmerhus fra før 1900

Uten hensyn til vernekrav, iht. tabell 21.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	156 190
Skifte dører	19 764
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	99 627
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	86 957
Isolere etasjeskiller mot portrom	
Isolere fasader fra utsiden	179 691
Isolere portrom fra utsiden	
Isolere kjellervegg utvendig	
Erstatte gamle panelovner med nye	34 855
Balansert ventilasjonsanlegg	122 127

Med hensyn til vernekrav, iht. tabell 22.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Sette inn nytt varevindu	146 800
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	93 440
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	86 591
Isolere etasjeskiller mot portrom	
Innvendig isolering av vegger	218 484
Utvendig isolering av portrom	
Erstatte gamle panelovner med nye	32 725

Eneboliger fra 1900-1940

Uten hensyn til vernekrav, iht. tabell 26.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	175 714
Skifte dører	19 764
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft Isolere skråtak	107 263
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller Isolere etasjeskiller mot portrom	94 244
Isolere fasader fra utsiden Isolere kjellervegg utvendig	272 466
Erstatte gamle panelovner med nye	38 728
Balansert ventilasjonsanlegg	128 144

Med hensyn til vernekrav, iht. tabell 27.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Sette inn nytt varevindu	165 150
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft Isolere skråtak	100 877
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller Isolere etasjeskiller mot portrom	100 963
Innvendig isolering av vegger	130 243
Erstatte gamle panelovner med nye	36 424

Førkrigs leiegård

Uten hensyn til vernekrav, iht. tabell 31.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	885 990
Skifte dører	19 764
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	102 109
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	200 974
Isolere fasader fra utsiden Isolere kjellervegg utvendig og innvendig	1 336 549
Erstatte gamle panelovner med nye	237 015
Balansert ventilasjonsanlegg	732 134

Med hensyn til vernekrav, iht. tabell 32.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Sette inn nytt varevindu	832 721
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	122 696
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	252 018
Alt. 1: Innvendig isolering av vegger	542 203
Erstatte gamle panelovner med nye	227 140

Med hensyn til vernekrav alternativ 2.

Isolere fasader utvendig: kr. 806 382

Boligblokk fra 1950-1970

Uten hensyn til vernekrav, iht. tabell 36.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	577 904
Skifte dører	158 108
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	87 096
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	90 713
Isolere fasader fra utsiden	1 069 393
Erstatte gamle panelovner med nye	202 354
Balansert ventilasjonsanlegg	688 789

Med hensyn til vernekrav, iht. tabell 37.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	577 904
Skifte alle dører	158 108
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	105 529
Isolere etasjeskiller mot kald kjeller	164 452
Innvendig isolering av vegger	556 209
Erstatte gamle panelovner med nye	194 995

Husbankhus fra 1950-1970

Uten hensyn til vernekrav, iht. tabell 41.

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	61 695
Skifte dører	19 764
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	43 749
Isolere fasade	287 392
Isolere gulv på grunnen	71 928
Isolere ringmur	
Erstatte gamle panelovner med nye	19 364
Balansert ventilasjonsanlegg	81 106

Med hensyn til vernekrav, iht. tabell 42

Beskrivelse	Kostnadsoverslag (kr)
Skifte alle vinduer	61695
Skifte dører	19764
Isolere etasjeskiller mot kaldt loft	42874
Innvendig isolering av vegger	109514
Isolere gulv på grunnen	70807
Isolere ringmur	
Erstatte gamle panelovner med nye	18783

Med hensyn til vernekrav alternativ 2:

Isolere fasade utvendig. Kr. 196 671

Vedlegg 4: Inndata i energiberegninger

	Paneltømmerhus før 1900	Enebolig fra 1900 - 1940	Murgård fra 1800-tallet	Førkrigsleiegårder	Husbankhus fra 1950 - 1970	Boligblokker fra 1950 - 1970
Areal av ytterflater/BRA	2,3	2,1	1,9	1,27	2,47	1,25
Andel dør/vindu pr BRA (%)	25	25	23,5	20,0	19,8	18,8

Før tiltak						
BRA (m ²)	180	200	475	1224	100	1045
U-verdi yttervegg (W/m ² K)	0,68	0,82	1,3	0,9	0,5	0,96
U-verdi vegg mot portrom (W/m ² K)			1,3			
U-verdi tak med kaldt loft (W/m ² K)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,8
U-verdi skråtak (W/m ² K)		1,15				
U-verdi gulv (inkl. ev. kjellerrom) (W/m ² K)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,4	0,94
U-verdi etasjeskiller mot portrom (W/m ² K)	1,0		1,0			
U-verdi vindu (W/m ² K)	4,7	2,6	4,7	2,6	2,6	2,6
U-verdi dør (W/m ² K)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Lekkasjetall (h-1)	16,5	10	4	4	3,5	2
Kuldebroverdi (W/m ² K)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03

Etter tiltak - vernehensyn						
BRA (m ²)	169	188	450	1173	92/100	1007
U-verdi yttervegg (W/m ² K)	0,21	0,22	0,53	0,31	0,18/0,29	0,22
U-verdi vegg mot portrom (W/m ² K)	0,15		0,14			
U-verdi tak med kaldt loft (W/m ² K)	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
U-verdi skråtak (W/m ² K)		0,13				
U-verdi gulv (ev. inkl. kjellerrom) (W/m ² K)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,23	0,10
U-verdi etasjeskiller mot portrom (W/m ² K)	0,11		0,11			
U-verdi vindu (W/m ² K)	1,3	1,3	1,3	1,3	0,8	0,8
U-verdi dør (W/m ² K)	2,9	2,9	2,9	2,9	0,8	0,8
Lekkasjetall (h-1)	2,5	2,5	2,0	2,0	2,5	1,5
Kuldebroverdi (W/m ² K)	0,08	0,08	0,06	0,19	0,04	0,14

Etter tiltak - uten vernehensyn						
BRA (m ²)	180	200	475	1224	97	1045
U-verdi yttervegg (W/m ² K)	0,15	0,15	0,17	0,21	0,15	0,17
U-verdi vegg mot portrom (W/m ² K)	0,15		0,14			
U-verdi tak med kaldt loft (W/m ² K)	0,09	0,10	0,10	0,12	0,10	0,12
U-verdi skråtak (W/m ² K)		0,13				
U-verdi gulv (ev. inkl. kjellerrom) (W/m ² K)	0,10	0,12	0,10	0,15	0,23	0,17
U-verdi etasjeskiller mot portrom (W/m ² K)	0,11		0,11			
U-verdi vindu (W/m ² K)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
U-verdi dør (W/m ² K)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Lekkasjetall (h-1)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Kuldebroverdi (W/m ² K)	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05
Varmegjenvinning (%)	75	75	75	75	75	75