

**SINTEF Byggforsk**
**Oslo**

Forskningsveien 3b, 0373 Oslo  
Postboks 124 Blindern, 0314 Oslo  
Telefon: 22 96 55 55  
Telefaks: 22 69 94 38

**Trondheim**

Høgskoleringen 7b  
7465 Trondheim  
Telefon: 73 59 33 90  
Telefaks: 73 59 33 80

E-post: byggforsk@sintef.no

Internettadresse: www.sintef.no/byggforsk

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

Oppdragsgiver Hammerseng borettslag og LOBB
Oppdragsgivers adresse
Oppdragsgivers referanse

Prosjektnr./arkivnr. O21019	Dato 14.11.2007	Rev.dato	Antall sider 12	Antall vedlegg	Gradering Åpen	Forfatter(e) Trine Dyrstad Pettersen
Prosjektleder Trine Dyrstad Pettersen	Sign.	Ansvarlig linjeleder Marit Thyholt	Sign.	Kvalitetssikrer Tor Helge Dokka	Sign.	

**Oppdragsrapport**

# Energiøkonomisk analyse av mulige tiltakspakker i forbindelse med rehabilitering av Hammerseng borettslag

**Kort sammendrag**

Denne rapporten beskriver en energiøkonomisk analyse av mulige tiltakspakker i forbindelse med rehabilitering av Hammerseng borettslag. I borettslaget er det tre hovedtyper leiligheter med ulik størrelse. Tiltakspakkene som er vurdert er "Vanlig", "Moderat" og "Ambisiøs", der "Vanlig" er typiske tiltak som er vanlig å gjennomføre ved renovering uten spesielle ambisjoner om redusert energibehov. I alle tiltakspakkene er det vurdert tiltak som etterisolering, utskifting av vinduer, utbedring av ventilasjonsanlegg og reduserte luftlekkasjer og kuldebroer.

Energisparepotensialet for tiltakspakkene "Vanlig", "Moderat" og "Ambisiøs" er henholdsvis 30 %, 53 % og 64 % i forhold til dagens nivå.

For de store leilighetene på rundt 110 m<sup>2</sup> innebærer dette en reduksjon av månedlige energikostnader på henholdsvis 585, 1050 og 1254 kr for de tre ulike tiltakspakkene, For de middels store leilighetene på 97 m<sup>2</sup> er tilsvarende besparelser på 520, 925 og 1115 kr per måned. For de små leilighetene på 40 m<sup>2</sup> er energibesparelsene henholdsvis 210, 380 og 460 kr per mnd.

Overslagsmessige priser for de ulike tiltakspakkene er innhentet og vil bli presentert på styremøte i borettslaget 15. nov 2007.

Byggverkets adresse		Byggeår
Metode	Emneord Energi Bygg Rehabilitering	Filnavn Hammerseng rapport

Utdragsvis eller forkortet gjengivelse av rapporten er ikke tillatt uten SINTEF Byggforsks spesielle godkjenning.

Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder SINTEF Byggforsk seg retten til å godkjenne oversettelsen. Kostnader belastes oppdragsgiver.

## Innholdsfortegnelse

<b>1. INTRODUKSJON .....</b>	<b>3</b>
<b>2. BYGGET SLIK DET ER I DAG .....</b>	<b>3</b>
2.1 VENTILASJON .....	3
2.2 BYGNINGSKROPP .....	4
2.3 ØVRIG BEREGNINGSGRUNNLAG .....	5
2.4 BEREGNET ENERGIFORBRUK FØR TILTAK.....	5
<b>3. VURDERING AV TILTAK.....</b>	<b>6</b>
3.1 TRE ULIKE TILTAKSPAKKER.....	6
3.2 ENERGIFORBRUK ETTER TILTAK .....	9
3.3 LØNNSOMHETSVURDERINGER .....	10
3.4 LITT OM ENKELTE TEKNISKE INSTALLASJONER.....	11
3.4.1 Ventilasjonssystemer .....	11
3.4.2 Varmeanlegg .....	11

## 1. Introduksjon

Denne rapporten beskriver en “energiøkonomisk analyse av mulige tiltak i forbindelse med Hammerseng borettslag.

Hammerseng borettslag har totalt 32 leiligheter fordelt på to terrasseblokker. Hver blokk har 3 etasjer i tillegg til parkering i deler av underetasjen. I 1. etasje er det 4 leiligheter, samt tilfluktsrom og boders, mens i 2. og 3. etasje er henholdsvis 8 og 4 leiligheter. 12 av leilighetene er rundt 100 m<sup>2</sup> mens 4 er rundt 40 m<sup>2</sup>. De små leilighetene er plassert i 2. etg. Blokkene ble bygd i 1971/72. Rundt 1995 ble gavlveggene tilleggsisolert med 5 cm, mens ble taket er etterisolert med 5-6 cm tidlig på 80-tallet.

Tilstanden til terrasseblokkene er noe slitt, og det vil uansett energiambisjoner være aktuelt å utbedre fasaden, deriblant skifte ut eternittplatene med annen type utvendig kledning samt skifte vinduer. Det er også problemer knyttet til de etterisolerte gavlfasadene der pussen har løsnet flere steder.

I denne utredningen vil det vurderes to alternative utbedringsalternativer i tillegg til en vanlig renovering som normalt ville ha vært utført dersom renovering var vedtatt. Beregningene er utført for hele bygget sett under ett.

## 2. Bygget slik det er i dag

Total indre grunnflate for oppvarmet golvareal for hele blokka er 1500 m<sup>2</sup>, og en indre takhøyde er 2,5 m. Ca. halvparten av golvet grenser mot naboileiligheter, mens omtrent det resterende golvarealet grenser mot garasje eller boders.



Bilde 2.1 Hammerseng borettslag

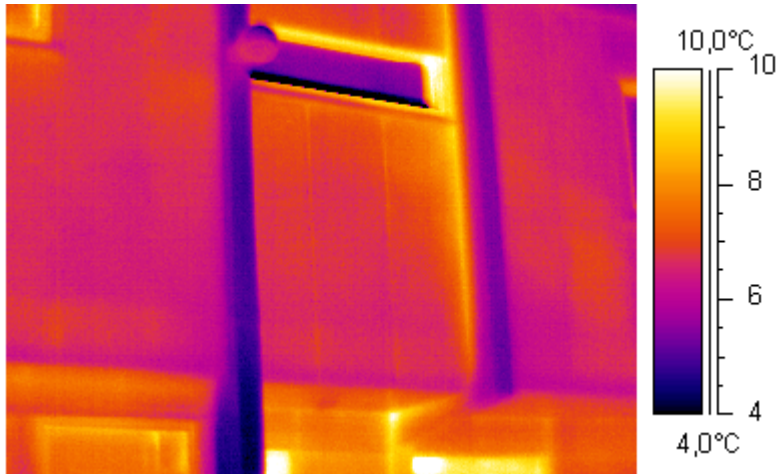
### 2.1 Ventilasjon

Alle leiligheter har avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning der det hovedsakelig er avtrekk på kjøkken og bad. Inntakslufta strømmer primært inn gjennom ventiler samt utettheter. Avtrekkslufta trekkes ut over tak, i felles kanaler for hver trappeoppgang, dvs. 4 leiligheter. Slik mekanisk avtrekkssystem medfører at uoppvarmet friskluft strømmer direkte inn i oppholdsrom med de komfortmessige ulemper dette innebærer. Dette er trolig spesielt et problem vinterstid dersom ventilene ikke lukkes. Alternativet til kald trekk kan dermed være lavere luftskifte enn ønskelig.

Gjennomsnittlig ventilasjonsmengde er vurdert til å være 1875 m<sup>3</sup>/h noe som tilsvarer ca.0,5 luftskifter per time I tillegg er det antatt infiltrasjon tilsvarende 0,1 luftskifter per time, slik at det totale luftskiftet blir 0,6 per time.

## 2.2 Bygningskropp

Alle yttervegger er isolert med 100 mm isolasjon med unntak av gavlveggene som er etterisolert med 5 cm. Gavlveggene er i betong med innvendig isolasjon. Deler av langveggene er dekket med eternittplater, mens resterende har trekledning. Taket er isolert med ca. 140 mm isolasjon. I tillegg er det betydelige mengder kuldebroer som både bidrar til varmetap og redusert komfort.



Bilde 2.2. Kuldebrovirkning av utstikkende betongskive

Beregning av U-verdier og fastsettelse av kuldebroverdier er primært gjort ut fra eksisterende tegningsmateriell.

Tabell 2.1 Beskrivelse av bygningselementer inkludert U-verdier før tiltak

Konstruksjoner	Beskrivelse fra innerst til ytterst	U-verdi før tiltak [W/m <sup>2</sup> K]	Areal [m <sup>2</sup> ]
Tak	120 mm betong, 140mm isopor	0,29	470
Veranda-tak	120 mm betong, 80 mm isopor, lufting, 40 mm påstøp	0,51	324
Yttervegger	100 mm isolert (mineralull) bindingsverk med enten eternitt eller trekledning	0,4	567
Gavlvegg	100 mm mineralull, 150 mm betong	0,4	508
Vinduer og balkongdører	To lags vinduer med klart glass	2,8	252
Utvendige skillevegger mellom leiligheter	100 mm isolasjon, 150 mm betong	0,4	77
Golv mot luft	100 mm isolasjon	0,4	46
Golv mot garasje/uoppvarmet rom	150 mm betong, 20 mm – 50 mm isolasjon	0,8 – 1,0	682

I tabell 2.2 er det gitt en grov antagelse av kuldebroer med tilhørende kuldebroverdier.

**Tabell 2.2 Grov oversikt over kuldebroer i eksisterende bygning**

Kuldebro	Beskrivelse	Lengde	KB-verdi
Gavlvegg- golv	Hor. kb i gavl, 10 cm i vegg, 5 cm kb-bryter	50	0,11
Tak	Kun 8" treverk m mot betongtak	60	0,4
Tak framside 3. etg	Trolig tilsvarende som tak bakside	20	0,4
Tak over terrasse 3. etg		40	0,2
Golv-vegg 3. etg, bakside	Kun 8" treverk m mot betonggolv	60	0,4
Golv-vegg 3. etg, ikke terrasse	Trolig tilsv. som på bakside	20	0,4
Golv-vegg 3. etg terrasse		40	0,1
Golv-vegg 2. etg, bakside	10 cm leca, 2 cm isol av golv	60	0,2
Golv-vegg 2. etg, ikke terrasse	Trolig tilsv. som på bakside	20	0,4
Golv-vegg 2. etg terrasse		40	0,1
Golv-vegg 1. etg, ikke terrasse	Trolig tilsv. som på bakside	20	0,4
Golv-vegg 1. etg terrasse		40	0,1
Yttervegg - innervegg 3. etg	Betong - tre (100 mm m/ 5 cm kb-bryter)	25	0,13
Yttervegg - innervegg 2. etg	Betong - tre (100 mm m/ 5 cm kb-bryter)	25	0,13
Yttervegg - innervegg 1. etg	Betong - tre (100 mm m/ 5 cm kb-bryter)	14	0,13
Utkraget balkong, 2. etg		4	0,7
Balkongdør utkraget balkong	Uisolert betong	4	1
Balkongdør terrasse	Minst 1 m per terrasse tot 12 terrasser	12	1
Ustikkende betongvegger	Betong med 2 cm isol. 0,5 m inn i veggen	110	0,4

Samlet varmetap fra kuldebroene tilsvarende da en normalisert kuldebroverdi på 0,13 W/m<sup>2</sup>K (per m<sup>2</sup> BRA). Dette er omtrent dobbelt så mye som for nye godt prosjekterte boligblokker i dag.

### 2.3 Øvrig beregningsgrunnlag

For tappevannsoppvarming og internlast (personer, teknisk utstyr og belysning) er det brukt verdier i henhold til Norsk Standard NS 3031. Klimadataene brukt i beregningene er fra Lillehammer, med en årsmiddeltemperatur på 2,9 °C. Grensetemperaturen for oppvarming er satt til 21 °C i henhold til NS 3031. Det er antatt at hele energibehovet dekkes av elektrisitet med effektfaktor 1, dvs. intet systemtap.

I tilknytning til eksempelvis energimerking og beregninger knyttet til godkjenning av nye boliger skal slik standardiserte verdier brukes for å sikre at beregningene gjøres uavhengig av individuelle brukervaner.

For kjelleren er temperaturen antatt å svinge som en sinuskurve over året fra 5 °C midtvinters til 20 °C midt på sommeren. I trappeoppgangen antas tilsvarende svingning med amplituder på 10 °C og 20 °C.

### 2.4 Beregnet energiforbruk før tiltak

Årlig beregnet energibudsjett (netto energibehov) basert på de standardiserte verdiene er presentert i tabell 2.3. Det totale energibehovet for hele huset er beregnet til 401.000 kWh per år, hvilket tilsvarer 267 kWh/m<sup>2</sup>. Nøyaktige data for målt energiforbruk for hel blokka er ikke kjent, men en del opplysninger fra ulike leiligheter tyder på at det beregnede forbruket er noe høyere enn målt forbruk. Det beregnede forbruket er for øvrig relativt overens med statistikk fra Bygningsnettverket for boligblokker, der snittet for 105 boligblokker er rundt 250 kWh/m<sup>2</sup>, men med variasjoner fra rundt 100 kWh/m<sup>2</sup> helt opp til 600 kWh/m<sup>2</sup>.

Det er for 15 leiligheter oppgitt målt strømforbruk og disse varierer fra 8000 til 19000 kWh/år, med et snitt på rundt 11500 kWh per år. Det er ikke angitt hvilke leiligheter dette er utover andelsnr. og størrelsene på leilighetene er ikke oppgitt. Dersom det antas at en gjennomsnittsstørrelse på de 15 leilighetene, tilsvarer det målte forbruket rundt 125 kWh/m<sup>2</sup> noe som er svært lavt sett i sammenheng med bygningens standard. I tillegg til strømforbruket er det også en god del udokumentert vedforbruk, som kan forklare noe av avviket i forhold til beregningene. Av andre forhold som medfører avviket, er det trolig både lavere gjennomsnittlig innetemperatur og lavere forbruk av varmtvann, lys og utstyr enn antatt slik at det beregnede forbruket blir høyere enn de målte verdiene. Det at disse verdiene er lavere enn standardiserte verdier kan både forklares med at det for det meste bor kun 2 personer i leilighetene slik at noen rom muligens ikke er i bruk, det brukes mindre varmtvann og mengden elektrisk utstyr er noe lavere siden de standardiserte verdiene baseres på en familie på 4.

**Tabell 2.3 Energibudsjett (netto energibehov), kWh og kWh/m<sup>2</sup>**

	kWh	kWh/m <sup>2</sup>
1. Romoppvarming	290145	193
2. Varmebatterier	0	0
3. Vannoppvarming	44676	30
4. Vifter og pumper	5931	4
5. Belysning	25404	17
6. Teknisk utstyr	35040	23
<b>Totalt energibehov</b>	<b>401197</b>	<b>267</b>

I en fremtidig energimerkesammenheng vil dette muligens være et F-nivå, dvs. det nest dårligste merkenivået som vil være mulig å oppnå.

### 3. Vurdering av tiltak

#### 3.1 Tre ulike tiltakspakker

Det er regnet på tre ulike tiltakspakker med ulike ambisjonsnivåer med hensyn til redusert energibehov og inneklima. I tillegg er det gjort separate vurderinger knyttet til installasjon av balansert ventilasjonsanlegg. Primært er det forutsatt såkalt robuste løsninger som ikke krever særlig vedlikehold eller teknisk innsikt utover de løsninger som er i blokkene i dag.

##### ”Vanlig” tiltakspakke

Den ”Vanlige” tiltakspakken tilsvarer typiske minimumskløringer som benyttes ved renovering. Grovt oppsummert forutsettes etterisolering med 5 cm isolasjon i veggene og 10 cm i tak, samt at kuldebroene er redusert noe. Luftlekkasjene reduseres både pga. ny vindtetting og kledning samt nye vinduer. Eksisterende vinduene skiftes ut til 2 lags vinduer som i dag brukes i de fleste nybygg, dvs. med en U-verdi tilsvarende 1,4 W/m<sup>2</sup>K. Med vinduene i denne tiltakspakken vil man fortsatt kunne oppleve noe kaldras, slik at det fortsatt kan være behov for varmekilder under disse vinduene. I denne tiltakspakken er det også antatt noe tiltak knyttet til innvendig isolering mot garasje, boder og trapperom. Dette vil trolig medføre noe forbedring av eventuell uønsket lydgjennomgang fra trapperom uten at dette er vurdert i detalj. Eventuelt ubehag knyttet til kuldebroer, eksempelvis kalde golv vil reduseres noe med denne tiltakspakken, men trolig vil ikke alle kuldebroer elimineres slik at de ikke vil kunne føles. .

Det er fortsatt antatt mekanisk avtrekksventilasjon, dvs. ingen varmegjenvinning. Dette innebærer fortsatt at man vil kunne oppleve kald trekk på grunn av ventilasjonen siden avtrekksventilasjon ikke gir forvarmet friskluft. Inneklimaet med hensyn til forbedret luftkvalitet og kald trekk vil ikke

endres. Det må samtidig gjøres oppmerksom på at kombinasjonen med en bygningskropp der luftlekkasjene reduseres, samtidig som man forutsetter avtrekksventilasjon vil medføre at man må etablere flere ventiler som frisklufta kan trekkes inn gjennom. Dette kan faktisk medføre større ulemper enn det har vært tidligere, der frisklufttilførselen var mer spredd over flere utettheter. Mekanisk avtrekksventilasjon er heller ikke særlig ideell i forhold til vedfyring siden undertrykket i leilighetene blir ytterligere forsterket med avtrekksventilasjon.

Dette nivået kan sammenlignes med en bygningsstandard tilsvarende boliger bygd i perioden etter Byggeforskriftsnivå 1987, dvs. boliger bygget i perioden 1987 til rundt 1995. I en fremtidig energimerkesammenheng vil dette muligens være et E-nivå.

#### Moderat tiltakspakke

Ved denne tiltakspakken øker man isolasjonsmengden noe i forhold til den ”vanlige” tiltakspakken slik at energibehovet reduseres og komforten forbedres ytterligere i forhold til den vanlige tiltakspakken. Det antas noe bedre vinduer slik at kaldras elimineres og plassering av varmekilder kan gjøres uavhengig av disse. Når bygget etterisoleres og vinduer skiftes ut, reduserer man også uønskede luftlekkasjer for å få bedre kontroll på lufttilførselen. Siden luftlekkasjer reduseres, vil det være større behov for et balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning som sikrer for kontrollert inntak og avtrekk av ventilasjonslufta slik at dette tiltaket ligger inne i denne tiltakspakken. I tillegg til et lavt energibehov, sikres man god luftkvalitet i hele leiligheten til en hver tid samt at kaldras i tilknytning til ventilasjon elimineres ved at tilufta er forvarmet. Balansert ventilasjon er kjent for jevnt over god komfort i ulike gjennomførte brukerundersøkelser, og er den forutsetning i moderne leilighetsbygg og sees på en god kvalitet i boliger. Ved slike individuelle ventilasjonsanlegg eliminerer man også luftoverføring mellom leilighetene. Balansert ventilasjon er mer egnet for vedfyring, selv om det også med denne typen ventilasjon kan være noen utfordringer.

I snitt tilsvarende disse tiltakene en bolig bygd i tiden etter 2000 og frem til i dag. I en mulig energimerkesammenheng kan dette muligens være et C-nivå.

#### Ambisiøs tiltakspakke

Ved denne tiltakspakken økes isolasjonsmengdene ytterligere og oppvarmingsbehovet reduseres ytterligere. Man begynner nå å nærme seg et såkalt passivhus-nivået. Det antas at de beste vinduene å markedet benyttes, dvs. 3 lags vinduer med spesielt godt isolerte karmene. Kaldras elimineres totalt. Alle kuldebroer fjernes også slik at trekk på golv og lignende ikke forekommer. I denne tiltakspakken forutsettes balansert ventilasjon med svært effektiv varmegjenvinner. Tilsvarende som for den moderate tiltakspakken sikres man god luftkvalitet i hele leiligheten til en hver tid samt at kaldras i tilknytning til ventilasjon elimineres ved at tilufta er forvarmet. Det antas en noe mer effektiv gjenvinner enn antatt for den moderate tiltakspakken. Ventilasjonsanlegget er også nærmere omtalt i slutten av rapporten.

Av andre fordeler som i tillegg til god bokomfort er spesielt gode ved dette ambisjonsnivået er svært god miljøprofil (image), fremtidig høyere markedsverdi og energisikkerhet.

I en fremtidig energimerkesammenheng vil dette være et B-nivå, dvs. det beste nivået som er mulig å oppnå, uten at man har gjort noe med energikildene til oppvarmingsformål. Dette tilsvarende en standard noe bedre enn såkalt lavenergistandard, og begynner å nærme seg såkalt passivhusstandard, der oppvarmingsbehovet er svært lavt. Slike boliger er det stor fokus på nedover i Europa, og vi ser også at interessen for slike hus begynner å gjøre seg gjeldende i stor stil også i Norge. Denne standarden er trolig et av Husbankens kommende satsingsområder. For renovering vil trolig Hammerseng bli en av de første renoveringsprosjektene med et slikt ambisjonsnivå. Et annet prosjekt med omtrent tilsvarende ambisjonsnivå er allerede gjennomført i Stjørdal (Husby terrasse) med et vellykket resultat.

De tekniske dataene som representerer de tre tiltakspakkene er gitt i tabell 3.1-3.3.

*Tabell 3.1 Kort beskrivelse av tiltak ved vanlig renovering uten spesielle energiambisjoner*

<b>Konstruksjon</b>	<b>Beskrivelse/kommentar</b>	<b>U-verdi m.m.</b>
Tak	Tilleggsisolere med 10 cm isolasjon, og ny tekking	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Veranda-tak	Tilleggsisolere med 5 cm isolasjon og skifte tekking	0,30 W/m <sup>2</sup> K
Bindingsverksvegger	Tilleggsisolere med 5 cm og skifte kledning	0,25 W/m <sup>2</sup> K
Gavlvegger	Fjerne dagens utv. isolasjon og isolere tilsvarende, dvs uendret isolasjonsverdi	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Vinduer	Bytte til 2 lags vinduer med U-verdi 1,4 W/m <sup>2</sup> K	1,4 W/m <sup>2</sup> K
Utvendige skillevegger mellom leiligheter	Utvendig 5 cm tilleggsisolering	0,26 W/m <sup>2</sup> K
Golv mot garasje/uoppvarmet rom	5 cm tilleggsisolering i tak, evt. golv	0,38 – 0,43 W/m <sup>2</sup> K
Kuldebroer	Noen kuldebroer vil reduseres som følge av tilleggsisoleringen, mens andre vil være uendret.	0,06 W/mK
Ventilasjon/tetthet	Halvert infiltrasjonen pga. bedre tetting. Fortsatt mekanisk avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning.	0,05 h <sup>-1</sup> 0 %

*Tabell 3.2 Kort beskrivelse av tiltak ved renovering med moderate energiambisjoner*

<b>Konstruksjon</b>	<b>Beskrivelse/kommentar</b>	<b>U-verdi m.m.</b>
Tak	Tilleggsisolere med 20 cm isolasjon, og ny tekking	0,12 W/m <sup>2</sup> K
Veranda-tak	Tilleggsisolere med 10 cm isolasjon og skifte tekking	0,21 W/m <sup>2</sup> K
Bindingsverksvegger	Utlekter dagens vegg med 10 cm isolasjon. Eliminerer dermed kuldebroene i bindingsverksveggene	0,21 W/m <sup>2</sup> K
Gavlvegger	10 cm tilleggsisolering med puss. Eliminerer dermed kuldebroer for en stor del	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Vinduer	Bytte til 2 lags vinduer med U=1,2 W/m <sup>2</sup> K	1,2 W/m <sup>2</sup> K
Utvendige skillevegger mellom leiligheter	Utvendig 10 cm tilleggsisolering	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Golv mot garasje/uoppvarmet rom	10 cm tilleggsisolering i tak	0,25 – 0,27 W/m <sup>2</sup> K
Kuldebroer	Kuldebroer i direkte tilknytning til veggene elimineres, mens andre må isoleres separat.	0,03 W/mK
Ventilasjon/tetthet	Tetthet betydelig forbedret slik at infiltrasjon er redusert ytterligere. Balansert ventilasjon med 70 % gjenvinning	0,04 h <sup>-1</sup> 70 %

*Tabell 3.3 Kort beskrivelse av tiltak ved renovering med høye energiambisjoner*

<b>Konstruksjon</b>	<b>Beskrivelse/kommentar</b>	<b>U-verdi m.m.</b>
Tak	Tilleggsisolere med 30 cm isolasjon, og ny tekking	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Veranda-tak	Tilleggsisolere med 10 cm isolasjon og skifte tekking	0,21 W/m <sup>2</sup> K
Bindingsverksvegger	Utlekter dagens vegg med 15 cm isolasjon	0,18 W/m <sup>2</sup> K
Gavlvegger	20 cm tilleggsisolering med puss. Eliminerer dermed kuldebroer for en stor del	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Vinduer	Bytte til 3 lags vinduer med U=0,7 W/m <sup>2</sup> K	0,7 W/m <sup>2</sup> K
Utvendige skillevegger mellom leiligheter	Utvendig 20 cm tilleggsisolering	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Golv mot garasje/uoppvarmet rom	15 cm tilleggsisolering i tak	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Kuldebroer	Kuldebroer elimineres fullstendig	0 W/mK
Ventilasjon/tetthet	Svært lite luftlekkasjer. Balansert ventilasjon med 80 % gjenvinning	0,01 80 %



### 3.2 Energiforbruk etter tiltak

Basert på de ulike inngangsdataene for de ulike tiltakspakkene er energibehovet etter renovering beregnet på tilsvarende måte som for bygningen før tiltak. Beregningsresultatene er gitt i tabell 3.4-3.5.

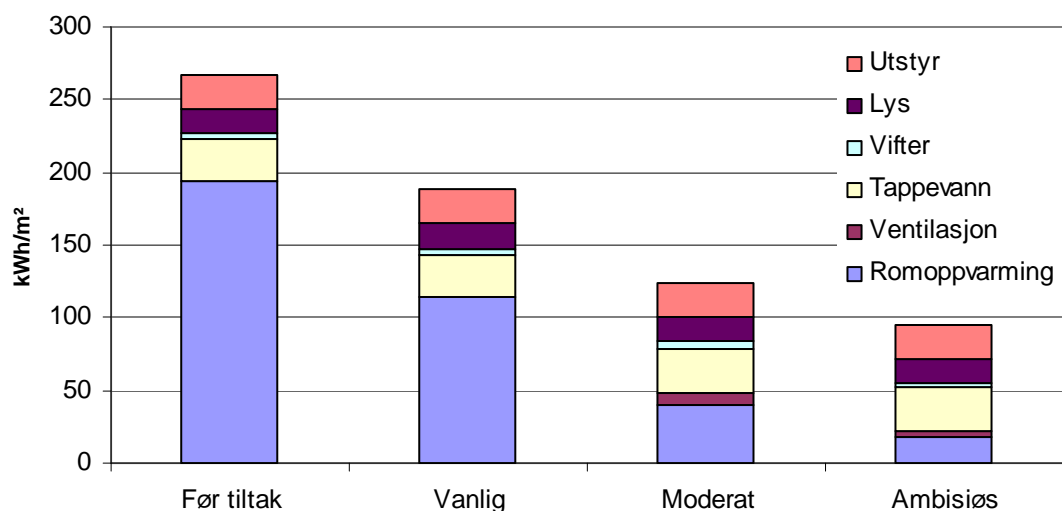
*Tabell 3.4 Beregnet totalt energiforbruk før og etter ulike tiltakspakker, kWh per år*

	<b>Før tiltak</b>	<b>Vanlig</b>	<b>Moderat</b>	<b>Ambisiøs</b>
Romoppvarming	290145	170522	59343	27761
Varmebatterier	0	0	13089	5137
Vannoppvarming	44676	44676	44676	44676
Vifter og pumper	5931	6132	9125	4563
Belysning	25404	25404	25404	25404
Teknisk utstyr	35040	35040	35040	35040
<b>Totalt energibehov</b>	<b>401197</b>	<b>281774</b>	<b>186677</b>	<b>142580</b>

*Tabell 3.5 Beregnet totalt energiforbruk før og etter ulike tiltakspakker, kWh/m<sup>2</sup> per år*

	<b>Før tiltak</b>	<b>Vanlig</b>	<b>Moderat</b>	<b>Ambisiøs</b>
Romoppvarming	193	114	40	19
Varmebatterier	0	0	9	3
Vannoppvarming	30	30	30	30
Vifter og pumper	4	4	6	3
Belysning	17	17	17	17
Teknisk utstyr	23	23	23	23
<b>Totalt energibehov</b>	<b>267</b>	<b>188</b>	<b>124</b>	<b>95</b>

Samme resultat er illustrert i figuren under.



*Figur 3.1 Beregnet energiforbruk før tiltak samt ved tre ulike tiltakspakker*

### 3.3 Lønnsomhetsvurderinger

Når lønnsomhet vurderes er det viktig å se tiltakene i sammenheng med forbedret inneløsning og nødvendig vedlikehold slik at energibesparelsene alene ikke belastes alle investeringer. Måten lønnsomhetsvurderingen er gjennomført på er at det er tatt utgangspunkt i en beslutning om at det skal gjennomføres renoveringstiltak tilsvarende ”Vanlig” tiltakspakke. På denne måten ser en bort fra tiltak som kan sees i direkte sammenheng med behovet for nødvendig vedlikehold.

Energibesparelsene mellom tiltakspakken ”Vanlig” og de to øvrige tiltakspakkene legges derfor til grunn for lønnsomhetsvurderingen for de to mest ambisiøse tiltakspakkene. Deretter er en energipris på 80 øre per kWh lagt til grunn for videre vurderinger. Videre er det benyttet en realrente på 4 % samt en økonomisk levetid på 20 år.

Nåverdien for besparelsene er beregnet for å angi på hvilket nivå investeringene utover tiltakspakken ”Vanlig” må ligge under for å være lønnsomme ut fra et enøk-perspektiv alene. Det bemerkes spesielt at det anbefales å ikke kun vurdere lønnsomhet, men også vurdere komfortforbedringer knyttet til kostnadene for tiltakene. Nåverdien for energibesparelsene angir investeringsnivå når tiltakene kan ansees som lønnsomme over en periode på 20 år.

I tabell 3.6 – 3.7 er besparelser både i kWh og årlige energikostnader samt nåverdi for energibesparelsene gitt for de tre tiltakspakkene.

*Tabell 3.6 Oppsummering av redusert energiforbruk*

	<b>Vanlig</b>	<b>Moderat</b>	<b>Ambisiøs</b>
Redusert årlig energiforbruk i forhold til dagens nivå, kWh	119.000 kWh	215.000 kWh	259.000 kWh
Redusert årlig energiforbruk i forhold til dagens nivå, kWh/m <sup>2</sup>	80 kWh/m <sup>2</sup>	143 kWh/m <sup>2</sup>	172 kWh/m <sup>2</sup>
Reduksjon i prosent	30 %	53 %	64 %

*Tabell 3.6 Redusert månedlig energikostnader i forhold til dagens nivå, kr/måned*

	<b>Vanlig</b>	<b>Moderat</b>	<b>Ambisiøs</b>
Stor leilighet	585	1050	1265
Middels leilighet	520	925	1115
Liten leilighet	210	380	460

*Tabell 3.7 Oppsummering av redusert energikostnader og nåverdi for fremtidige energibesparelser, 80 øre/kwh*

	<b>Vanlig</b>	<b>Moderat</b>	<b>Ambisiøs</b>
Reduserte årlige energikostnader	95.000 kr	172.000 kr	207.000 kr
Nåverdi for lønnsom investering hele blokka		1033.000 kr	1513.000 kr
Nåverdi for stor leilighet <sup>1</sup>		75 800 kr	111 000 kr
Nåverdi for middels leilighet <sup>1</sup>		66 900 kr	98 000 kr
Nåverdi for liten leilighet <sup>1</sup>		26 900 kr	39 300 kr

<sup>1</sup> Forenklet er det regnet med like stort energibehov per m<sup>2</sup> uavhengig av plassering av leilighetene.

### 3.4 Litt om enkelte tekniske installasjoner

#### 3.4.1 Ventilasjonssystemer

Så langt er det ikke vurdert i detalj utforming av ventilasjonsanlegg, men for terrassehus tilsvarende Hammerseng, vil det være individuelle ventilasjonssystemer for hver leilighet som i praksis er mulig. I praksis betyr dette at hver enkelt leilighetseier selv kan avgjøre om en ønsker slikt anlegg, men en må være klar over at ved så omfattende tettearbeider som det legges opp til i tilknytning til etterisolasjon, vil det være behov for et mekanisk ventilasjonsanlegg i en eller annen form. Det vil derfor ikke være særlig hensiktsmessig å både legge opp til et mekanisk ventilasjonsanlegg (med vifter og kanaler) for hele bygget for at enkelte skal kunne benytte dette, mens andre velger balanserte anlegg.

I tillegg vil tiltakene knyttet til fasadene med nye vinduer og ny kledning redusere luftlekkasjene betydelig med det resultat at trekk fra utettheter elimineres. Dette innebærer samtidig at luftlekkasjer gjennom utettheter blir minimale og frisklufttilførselen utilfredsstillende. Det er liten hensikt å gjennomføre omfattende bygningsmessige tiltak for å redusere energibruken og øke komforten dersom man samtidig legger opp til et ventilasjonssystem som medfører ubehagelig trekk og betydelig energitap. Ved bruk av individuelle balanserte ventilasjonsstrekker eliminerer man også eventuelle problemer med luktoverføring via ventilasjonssystemet mellom leilighetene.

I tillegg til de tre tiltakspakkene er det også gjort egne vurderinger knyttet til ventilasjonsanlegget alene. Installasjon av balansert ventilasjonsanlegg med effektiv varmegjenvinning kan redusere det årlige energibehovet med 55-65.000 kWh, eller rundt 45-50.000 kr i året avhengig av gjenvinningsgrad.

Ved 80 % gjenvinning er nåverdien av besparelsene mellom 520.000 og 600.000 kr, eller 30.000-35.000 kr per leilighet. Dette betyr at dersom ferdig installert ventilasjonsanlegg i snitt for hver leilighet ligger under 30-35.000, kan anlegget ansees som lønnsomt. Grovt regnet kan man anta at prisen på ferdigmonterte anlegg ligger et sted mellom 40 og 50.000 kr. Dette innebærer trolig at installasjon av balanserte anlegg trolig ikke er lønnsomt i seg selv dersom kun energibesparelser skal legges til grunn. Men dersom man også ser på øvrige goder som nevnt ovenfor vil dette trolig være et fornuftig tiltak å gjennomføre. SINTEF Byggforsks anbefaling er derfor at det vurderes å installere balanserte anlegg med varmegjenvinning i hver leilighet uavhengig av ambisjonsnivået til tiltakspakkene siden dette vil være et fornuftig tiltak både med hensyn til luftkvalitet, termisk komfort og energibesparelser.

#### 3.4.2 Varmeanlegg

I utgangspunktet er det tenkt å fortsette med helelektrisk romoppvarming og varmtvann, med mulighet for tilleggsoppvarming med ved. Med et slikt oppvarmingssystem innebærer det at det er liten fleksibilitet med hensyn til fremtidige energipriser samt at oppvarmingssystemet ikke ansees som særlig fremtidsrettet med hensyn til miljøkonsekvenser. Det er også usikkert hvordan elektrisk oppvarming vil bli "ratet" i kommende energimerkeordning, men dersom Norge følger utviklingen i resten av Europa, vil elektrisk oppvarming komme dårligere ut enn andre nye fornybare energikilder.

#### Solpaneler

En løsning som kan være aktuell er bruk av solpaneler, som kan forsyne energi til å dekke deler av oppvarmingsbehovet. Normalt regner man med at solenergi kan dekke rundt 60 % av varmtvannsforbruket, men dette avhenger både av størrelsen på solvarmepanelene og soltilgangen på stedet. Dette vil vurderes nærmere, der man ser på muligheten med en kombinasjon av oppvarming

av varmt tappevann og noe romoppvarming for å ivareta god golvtemperatur i randsonene av enkelte leiligheter (muligens varmelister basert på vannbåren varme, evt. full golvvarme i deler av leilighetene). Utfordringen vil være å finne den optimale rørføringen i blokkene, deriblant om det skal være individuelle anlegg for hver leilighet eller om det skal være et eller flere felles varmelager/varmtvannstanker som skal forsyne flere leiligheter. Dette må i så fall vurderes nærmere.

Bruk av solvarme som skal dekke noe av varmtvannsbehovet, samt ivareta golvkomforten i randsonen, anslås å redusere det totale energibehovet med 15 -20 kWh/m<sup>2</sup>, dvs. noe mer enn halve varmtvannsforbruket. Solpanelene tenkes da plassert på taket. Det foreslås å vurdere denne løsningen nærmere som et aktuelt alternativ for å sikre et mer bærekraftig oppvarmingssystem enn kun elektrisk oppvarming.

#### Biobrensel

Av andre mulige varmeløsninger som vil bidra til en mer miljøvennlig oppvarming vil kunne være biobrensel i en sentralfyrt som plasseres i kjeller. Det vannbårne anlegget vil da kunne både dekke romoppvarmingen og varmtvannsforbruket. Biobrensel ansees som et svært godt alternativ i forhold til miljøbelastninger, og kan også være økonomisk realiserbart. Så langt er ikke dette systemet vurdert og vil ikke prioriteres i denne omgang. .

#### Avtrekksvarmepumpe

Vannbåren varme muliggjør også utnyttelse av varmpumpe, noe som eksempelvis relativt kan være aktuelt dersom man velger mekanisk avtrekk. Varmen i avtrekksluften utnyttes dermed ved at varmpumpa trekker varmen ut fra avtrekksluften, og overfører denne til varmtvannet.

Dette vil også være mulig uten vannbåren romoppvarming, dersom man har sentralt tappevannsanlegg. Hvilket system som er mest hensiktsmessig, dvs. enten både romoppvarming og tappevann, eller kun tappevann må vurderes nærmere for å kunne konkludere. Siden balansert ventilasjon anbefales, velger vi ikke så vurdere denne løsningen nærmere. Alternativt kan eksempelvis jordvarmpumpe også være et alternativ, men foreløpig velger vi ikke å vurdere dette som aktuelt.