



Slutrapport

EUDP2009 – Boligrenovering på 1. klasse: Fra i dag og frem mod LavEnergiklasse 1
Udvikling og forberedelse af demonstrationsprojekt.

Samt deltagelse i IEA SHC Task 37:
"Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation" – Fase 2

august 2015



Deltagere:
Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S
Plan 1 Arkitekter A/S
SBI

Forord

Nærværende rapport beskriver forskellige scenarier for reovering af ældre etageboliger med henblik på at reducere energiforbruget til rumopvarmning og ventilation til et niveau svarende til lavenergiklasse 1 jf. BR08.

Rapporten udgør slutrapporteringen af projektet "EUDP2009 – Boligrenovering på 1. klasse: Fra i dag og frem mod LavEnergiklasse 1 – Udvikling og forberedelse af demonstrationsprojekt samt deltagelse i IEA SHC Task 37 - Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation".

Projektet er støttet af Energistyrelsen og er en del af forskningsområdet: "Solenergi" under EUDP-2009 programmet. Projektets journalnr. hos Energistyrelsen er 64009-0033.

Projektet er udført i et samarbejde mellem, Esbensen A/S (projektleder), Plan 1 arkitekter og Statens Byggeforskningsinstitut. Herudover har følgende parter bidraget til projektet: Arkitektfirmaet Mangor & Nagel, andelsboligforeningen Lyshøjgård, Bygge- & Boligadministrationen Domea samt boligselskabet Rosenvænget.

Projektets nøglemedarbejdere hos de enkelte virksomheder er:

Fredrik Emil Nors, Esbensen A/S
Olaf Bruun Jørgensen, Esbensen A/S
Louise Rasmussen, Plan1 Arkitekter A/S
SBI, Kjeld Johnsen

Indhold

1 Formål	9
2 Baggrund og erfaringer fra fase 1	11
3 Demonstrationsprojekter	15
3.1 Bygningsbeskrivelse Heimdalsvej.....	15
3.1.1 Beliggenhed	15
3.1.2 Tilstand og energibehov	16
3.1.3 Beskrivelse af eksisterende forhold	17
3.2 Bygningsbeskrivelse AB Lyshøjgård.....	18
3.2.1 Beliggenhed	18
3.2.2 Tilstand og energibehov	19
3.2.3 Beskrivelse af eksisterende forhold	19
4 Energirenoveringstiltag	25
4.1 Potentielle energirenoveringstiltag - Heimdalsvej.....	25
4.1.1 Klimaskærm	25
4.1.2 Ventilation.....	26
4.1.3 Varmesystem og varmt brugsvand.....	26
4.2 Potentielle energirenoveringstiltag - AB Lyshøjgård.....	26
4.2.1 Energiforbrug før renovering	27
4.2.2 Beskrivelse af potentielle energirenoveringstiltag.....	27
4.2.3 Opsummering af energirenoveringstiltag.....	38
5 Udvalgte koncepter.....	43
5.1 Heimdalsvej	43
5.1.1 Klimaskærmen.....	43
5.1.2 Forbedring af ventilation	45
5.1.3 Varmesystem og varmt brugsvand.....	45
5.1.4 Uopvarmede rum	46
5.1.5 Solafskærmning.....	46
5.2 AB Lyshøjgård	47
5.2.2 Scenarie 1A (målgruppe: A/B Lyshøjgård)	47
5.2.2.1 Særlige virkemidler.....	47
5.2.2.2 Klimaskærm.....	48
5.2.2.3 Ventilation.....	48

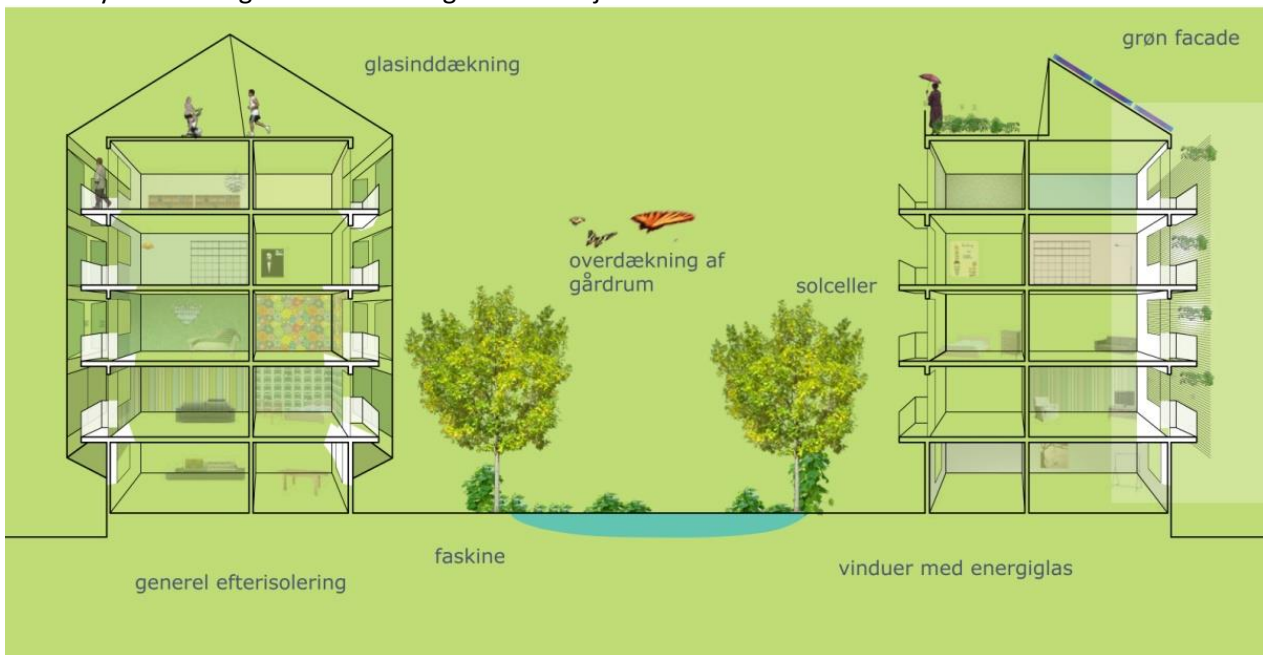
5.2.2.4 Andre tiltag	48
5.2.3 Scenarie 1B.....	49
5.2.3.1 Særlige virkemidler.....	49
5.2.3.2 Klimaskærm.....	49
5.2.3.3 Ventilation.....	50
5.2.3.4 Andre tiltag	50
5.2.4 Scenarie 2A	51
5.2.4.1 Særlige virkemidler.....	51
5.2.4.2 Klimaskærm.....	51
5.2.4.3 Ventilation.....	52
5.2.5 Scenarie 3A	53
5.2.5.1 Særlige virkemidler.....	53
5.2.5.2 Klimaskærm.....	53
5.2.5.3 Ventilation.....	54
5.2.6 Scenarie 4B	55
5.2.6.1 Klimaskærm.....	55
5.2.6.2 Ventilation.....	56
5.2.6.3 Solceller.....	56
5.3 Forventede energibesparelser.....	57
5.4 Termisk indeklime.....	61
5.4.1 Lyshøjgård.....	61
5.4.1.1 Eksisterende forhold	61
5.4.1.1.1 Energibalance og energibehov for eksisterende forhold.....	62
5.4.1.1.2 Termisk indeklime for eksisterende forhold	63
5.4.1.2 Scenarie 1B – Overdækning af gårdrum og kraftig efterisolering.....	66
5.4.1.2.1 Energibalance for scenarie 1B.....	66
5.4.1.2.2 Termisk indeklime for scenarie 1B	67
5.4.1.3 Scenarie 3A – Glasinddækning af altaner, efterisolering og balanceret ventilation.....	69
5.4.1.3.1 Energibalance for scenarie 3A.....	70
5.4.1.3.2 Termisk indeklime for scenarie 3A	70
5.4.1.4 Scenarie 4B – Total efterisolering og behovsstyret, balanceret ventilation.....	72
5.4.1.4.1 Energibalance for scenarie 4B.....	72
5.4.1.4.2 Termisk indeklime for scenarie 4B	72

5.4.1.5 Sammenligning af fremtidige scenarier.....	73
5.4.2 Heimdalsvej	75
5.4.2.1 Eksisterende forhold	75
5.4.2.1.1 Varmebalance og energibehov for Heimdalsvej før renovering	77
5.4.2.1.2 Termisk indeklima før renovering på Heimdalsvej.....	77
5.4.2.2 Renovering af Heimdalsvej	78
5.4.2.2.1 Energibalance efter renovering.....	78
5.4.2.2.2 Termisk indeklima efter renovering	79
5.5 Renoveringernes betydning for dagslyset.....	81
5.5.1 Lyshøjgård.....	81
5.5.1.1 Beregningsforudsætninger	81
5.5.1.2 Dagslysberegninger for køkken	82
5.5.1.3 Dagslysberegninger for soveværelse.....	83
5.5.2 Heimdalsvej	85
5.5.2.1 Beregningsforudsætninger	85
5.5.2.2 Dagslysforhold i køkken/altan	86
5.5.2.3 Dagslysforhold i stue	88
6 Erfaringer fra mock-up Heimdalsvej	91
7 Økonomi.....	93
7.1 Prissætning	93
7.1.1 Heimdalsvej.....	93
7.1.2 AB Lyshøjgård.....	96
7.2 Rentabilitetsberegninger.....	97
7.2.1 Heimdalsvej.....	97
7.2.2 AB Lyshøjgård.....	98
8 Konklusion	99
Bilag 1 Konsekvensberegninger af forventede de fremtidige varmeudgifter for Heimdalsvej.....	101
Bilag 2 - Projektfotos.....	109
Litteratur	113

1 Formål

Formålet med projektet er at udvikle, demonstrere og dokumentere et nyt renoveringskoncept for eksisterende etageboligejendomme, som giver en reduktion af energiforbruget ned til LavEnergieKlasse 1 jf. BR08. Konceptet indebærer en integreret løsning baseret på et fleksibelt facadesystem, behovsstyret ventilation m. varmegenvinding (VGV) og integration af vedvarende energi. Konceptet giver, i modsætning til typiske kombinationer af enkelt-tiltag, som ikke er samlet optimeret, en markant reduktion af det samlede energiforbrug til el og varme. Yderligere rummer konceptet en meget høj grad af arkitektonisk fleksibilitet i forhold til den enkelte ejendom og eliminerer de byggetekniske risici i traditionelle løsninger (opfugtning, kuldebroer, risiko for utilstrækkelig ventilation mv.).

Det er tanken at udarbejde flere koncepter for forskellige renoveringsmodne etageejendomme og derigennem belyse forskellige måder at energirenovere ejendommene.



Figur 1 Forskellige strategier

Det er formålet gennem udarbejdelse af et prissat dispositionsforslag indenfor en realistisk økonomisk ramme at udarbejde et beslutningsgrundlag for realisering af et eller flere konkrete demonstrationsprojekter. Konceptet skal således medvirke til at stimulere en bred implementering af energibesparende tiltag ved renovering af eksisterende byggeri.

Konceptet tager udgangspunkt i den nyeste nationale og internationale viden om 3D-varme- og fugttransport i bygningskonstruktioner, avanceret regulering af energibalancen, optimale bygningsintegrerede solenergisystemer samt erfaringerne fra passiv-hus teknikkerne (vinduer med en U-værdi på under 0,85 W/m²K, facadeisolering uden kuldebroer, behovsstyret ventilation m. varmegenvinding samt tagintegrerede solfangere til varmt brugsvand og tagintegrerede solceller).

Målet er desuden gennem deltagelse i et internationalt forsknings- og udviklingsprojekt vedr. energirenovering af eksisterende boligbyggeri (IEA SHC Task 37 "Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation") at omsætte dette projekts resultater til danske forhold og efterfølgende at demonstrere dette i et konkret demonstrationsprojekt.

2 Baggrund og erfaringer fra fase 1

En markant reduktion af energiforbruget i den eksisterende boligmasse er en væsentlig forudsætning for, at Danmark bliver i stand til at overholde sine internationale forpligtelser mht. til reduktion af energiforbrug og emission af drivhusgasser. Energiforbruget i den danske boligsektor domineres stærkt af energiforbruget i ældre eksisterende boliger. Der er således et betydeligt energibesparelspotentiale i forbindelse med renovering af eksisterende boligbyggeri.

Til trods for det store potentiale, og den gode lønsomhed ved at igangsætte renovering af disse ejendomme, er der ikke kommet gang i aktiviteten på dette område. Årsagen hertil skal søges i en række barrierer. En af de primære barrierer er, at det kan være vanskeligt at overskue den samlede effekt og lønsomhed af en kombination af enkelttiltag. Dette fordyrer projekteringen og komplicerer den efterfølgende realisering.

Denne problemstilling er kernen i det aktuelle projekt, hvor der derfor udvikles et samlet koncept, som giver mulighed for at gennemføre en renovering, som giver en markant reduktion i det samlede energiforbrug, og hvis elementer er indbyrdes optimeret og beskrevet, så det bliver enkelt for bygherre, brugere, rådgivere og håndværkere at vurdere og tilpasse konceptet til den enkelte ejendom.

I projektets 1. fase er identificeret og analyseret en række attraktive renoveringstiltag og koncepter. I projektets 2. fase, som udgøres af nærværende rapport er disse koncepter konkretiseret og tilpasset 2 konkrete ejendomme.

Projektet er baseret på 2 konkrete ejendomme:

- Boligselskabet Rosenvængets ejendom på Heimdalsvej 51 -81 i Frederikssund
- Andelsboligforeningen Lyshøjgård på Bredahlsvej 14 i Valby.

For AB Lyshøjgaard har Plan1 A/S og Esbensen A/S tidligere udarbejdet et ideoplæg med 3 forskellige forslag til, hvordan man ud fra de repræsenterede fagligheder bedst muligt opdaterer og fremtidssikrer A/B Lyshøjgård. Målet har været, at komme med forslag til en langsigtet måde at energirenovere ejendommen på, der imødekommer de stigende energipriser og tager højde for klimaforandringerne.

Ideoplægget belyser nogle af de traditionelle og til dato mest anvendte metoder, til at opnå en bedre isoleringsværdi af etageejendommen, udskiftning af vinduer, indblæsning af isoleringsmateriale i hulrummet i brystningerne, isolering af tage samt isolering af etageadskillelser mod uisolerede etager. Disse traditionelle løsninger indgår i et eller flere af de tre samlede forslag.

Ideoplægget belyser desuden mindre traditionelle energirenoveringstiltag, som for eksempel at overdække gårdrummet og derved opnå en indirekte efterisolering af gårdfacaderne, da temperaturen vil stige i det lukkede gårdrum.

Inddækker man ejendommens facader med et lag glas isoleres huset, da der skabes en varm "luftpude" imellem glasfacaden og den eksisterende facade. Derved mindskes bygningens varmetab og man sparer penge på opvarmning. En anden mulighed, der også er belyst, er udvendig isolering af facaderne.

Beplantning på facaderne er et flot tiltag i gadebilledet. Beplantningen optager CO₂ og det er flot at kigge på, ud på fra lejlighederne. Beplantning på facaden har desuden en isolerende effekt på ejendommen.

De tre forslag er udarbejdet ud fra en vision om, at begrænse varmekonsumet markant i ejendommen. Forslagene skaber på forskellige måder en øget komfort i lejlighederne, da indeklimaet forbedres væsentligt. Forslagene skal ikke udelukkende ses ud fra et økonomisk parameter, men også betragtes som forslag til tiltag der giver en øget livskvalitet i lejlighederne og i gårdrummet. At de kolde gulve og trækgenerne mindskes drastisk er en stor kvalitet for livet i boligen. Glasinddækker man altanerne udvides brugsperioden.

Overdækkes gården får man en vinterhave der i højere grad kan bruges året rundt. Forslagene kan viderebearbejdes i forhold til foreningens økonomi og ønsker.

De i ideoplægget beskrevne løsningsforslag danner grundlaget for de mere detaljerede analyser, hvis resultater er indeholdt i nærværende rapport.

Erfaringer fra Fase 1

En gennemgribende energirenovering vil ofte indebære et nyt og anderledes arkitektonisk udtryk. Erfaringer fra "Boligrenovering på 1. klasse, fase 1" viser, at udvendig efterisolering typisk er nødvendig for at eliminere kuldebroer og fugtproblemer og for at opnå en markant reduktion af bygningens energibehov.

Nedenstående figurer viser et eksempel på udvendig efterisolering af en muret etagebolig fra sidst i 1940'erne. Eksemplet viser, hvordan bygningen har mulighed for at forandre udseende til et mere tidssvarende arkitektonisk udtryk. Samtidig reduceres energibehovet markant, og boligernes indeklima, og dermed beboerkomfort, løftes til et tidssvarende højt niveau.



Figur 2. Foto af muret etageboligbyggeri fra sidst i 1940'erne (tv). Til højre ses en visualisering af, hvordan etageboligblokken kan opnå et anderledes og moderne arkitektonisk udtryk ved en gennemgribende udvendig efterisolering. Visualisering af Creo Arkitekter.

En analyse af energibehovet i etageboligbyggeriet viste, at etageboligblokkens energibehov på ca. 188 kWh/m² kunne reduceres til ca. 45 kWh/m², svarende til en energibesparelse på over 75 %.

Energibesparelsen kunne opnås ved en udvendig efterisolering af hele etageboligens klimaskærm herunder udskiftning til nye 3-lags vinduer med energiglas. De forudsatte energirenoveringstiltag er vist i tabel 1 nedenfor.

Tabel 1 U-værdier

Construction	Exist. U-value [W/m ² K]	Description of future construction	Future U-value [W/m ² K]
Outer walls Between windows	1.45	20 mm render. 220 mm mineral wool. 350 mm cavity wall without insulation (2 x 110 mm bricks with binders).	0.15
Outer walls	1.33	20 mm render. 220 mm mineral wool. 350 mm massive brick wall	0.15
Parapet (radiator niches)	1.05	20 mm render. 220 mm mineral wool. 230 mm massive brickwork.	0.15
End walls	1.47	20 mm render. 220 mm mineral wool. 300 mm cavity wall with binders	0.16
Basement wall	2.18	125 mm basement wall insulation. 350 mm massive concrete	0.27
Basement wall	0.93	125 mm basement wall insulation. 350 mm massive concrete	0.25
Windows	2.70	Double glass pane in wooden frame. Frame area is 20 % of window. g-value reduced from 0.76 to 0.55. New skylight windows with same properties in the roof.	1.00
Roof (ceiling of top floor)	0.20	275 mm mineral wool on existing construction consisting of 125 mm mineral wool in wooden construction, 25 mm formwork and 10 mm render.	0.09
Roofing	1.31	Rain protection, 350 mm mineral wool in wooden construction. 2 x 13 mm gypsum boards.	0.12
Floor between 1 st floor and unheated basement	1.06 - 1.51	20 mm parquet, 100 mm mineral wool (granulate) in wooden construction, 50 mm hard wood and pugging. 25 mm formwork and 100 mm mineral wool. 13 mm gypsum boards.	0.19
Concrete slab	0.41	120 mm concrete on 150 mm capillary break layer	0.41
Dormer windows (wall-construction)	0.95	5 mm zinc, 22 mm ply wood, 400 mm mineral wool in wooden construction and 26 mm gypsum boards.	0.12
Dormer windows (Roof)	0.95	5 mm zinc rain protection with 22 mm chipboard, 350 mm mineral wool in wooden construction and 2 x 13 mm gypsum boards.	0.13

Yderligere information kan findes i rapporten, *IEA SHC Task 37 "Advances in Housing renovation – Process, Concepts and Technologies"*¹

Nedenstående figurer viser et andet eksempel på en illustration af udvendig efterisolering af en muret etagebolig fra sidst i 1930'erne.



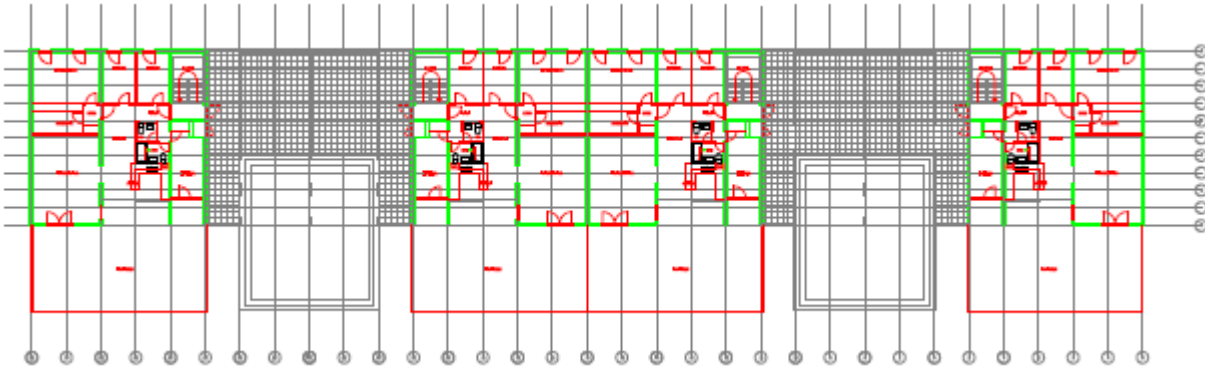
Figur 3 Lyshøjgård eksisterende (tv) og skitseforslag (th)

¹ Rapporten kan hentes på: http://archive.iea-shc.org/publications/downloads/Advances_in_Housing_Retrofit.pdf

3 Demonstrationsprojekter

3.1 Bygningsbeskrivelse Heimdalsvej

Boligbyggeriet på Heimdalsvej 51-81 består af 9 boligblokke, som er opført i 1968. Bygningerne er opført med lette langsgående ydervægge og tunge tværgående bærende skillevægge og gavle af beton. Blokkene er 4 etager med en delvist uopvarmet og åben parterre, uopvarmet kælder/krybekælder og uopvarmede trappeopgange. Således er der i stueetagen kun 4 lejligheder mod 8 lejligheder på de øvrige etager. Den resterende plads er enten åben for gennemgang eller benyttet til aflukkede cykelskure, som vist på Figur . Således vender etagedæk i 1. sals højde samt skillevægge i stueetagen delvist mod udeluften.



Figur 4. Plan over stueetage i boligblok på Heimdalsvej

Der er fire opgange i hver blok, og disse giver via betonelementtrapper adgang til 28 lejligheder. Heraf er 4 på 125,8 m², 12 på 118,0 m² og 12 på 106,5 m². Dette giver en gennemsnitsstørrelse på 121,9 m² pr. lejlighed. Hver blok består således af et opvarmet etageareal på ca. 3.296,9 m². Boligblokkenes placering og orientering samt deres facadeudtryk før renovering er vist på Figur 5.



Figur 5. Boligblokkenes interne placering og eksisterende facadeudtryk.

3.1.1 Beliggenhed

Grunden, som bygningerne er opført på, er beliggende på en bakke i et relativt åbent område tæt på Roskilde fjord, som vist på Figur 6. Afstanden til fjorden er ca. 0,5 m mod vest og ca. 800 m mod nord.



Figur 6. Boligblokkenes placering i forhold til de omgivende bygninger og Roskilde fjord.

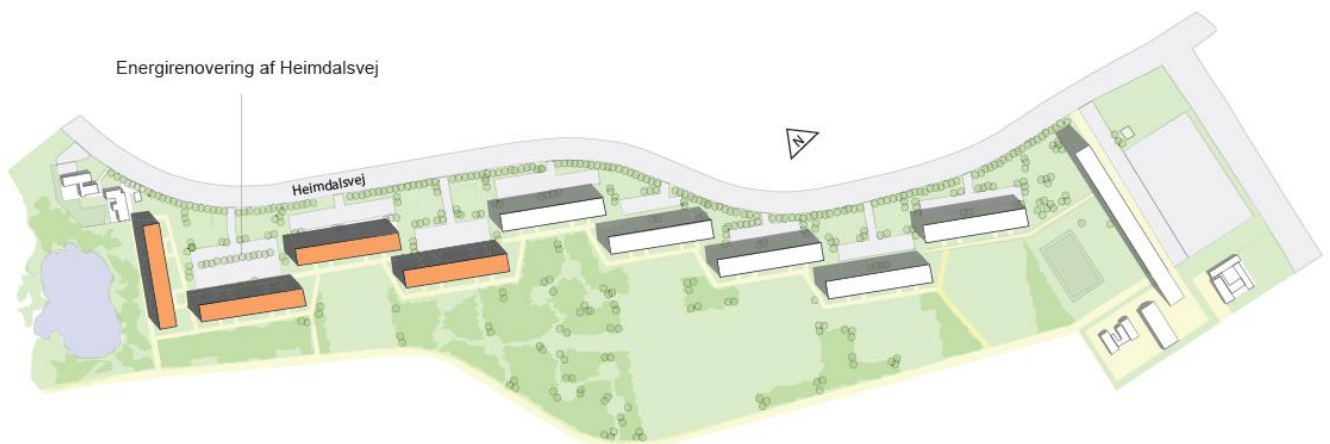
3.1.2 Tilstand og energibehov

Byggeriets konstruktioner har gennem tiden pådraget sig skader, facaden er utæt, og der er problemer med skimmelsvamp og med legionellabakterier i brugsvandet. Energimæssigt er byggeriet i dårlig stand, og langt fra de normer vi sætter til boligbyggeri i dag. Boligerne opvarmes med fjernvarme og det nuværende energiforbrug er målt til $112,0 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.

En energirenovering vil derfor både forbedre byggeriets konstruktionsmæssige stand og sikre en markant reduktion af energibehovet og et betydeligt bedre indeklima. Udover dette giver renoveringen mulighed for at tilføre byggeriet en ny tidssvarende attraktiv arkitektur.

Der er fremsat ønske om gennemgribende energirenovering af de 4 nordligste boligblokke, som alle tilhører samme boligforening. Disse er vist på Figur 7.

Som grundlag for en vurdering af de mulige energibesparelser er udført en BE10 beregning af byggeriets forventede energibehov under normale standardforudsætninger. BE10 beregningen angiver bygningens specifikke årlige energibehov til rumopvarmning og varmt brugsvand til ca. $120 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$.



Figur 7. Markering af de 4 boligblokke der er udvalgt til energirenoveringen.

3.1.3 Beskrivelse af eksisterende forhold

3.1.3.1 Klimaskærm

Tagkonstruktion

Taget er et fladt tagpaptag, med en bærende konstruktion bestående af 180 mm armerede beton-huldæksselementer. Konstruktionen er isoleret med 260 mm isolering kl. 40 og har en U-værdi på 0,15 W/m²K.

Ydervægge

Husene har i dag bærende lejlighedsskel og gavle i 100 mm beton. Bærende betonskillevægge er placeret pr. hhv. 2,4 m eller 4,8 m. De langsgående facader er lette facader af bestående af 75 mm isolering i træskelet (10 %) samt en pladebeklædning. Disse trænger til udskiftning grundet skimmel og utætheder.

Vinduer og altandøre

Vinduerne er 2-lags termoruder med en U-værdi på 2,8 W/m²K. Ved udskiftning af ydervægge er det oplagt samtidig at skifte vinduer. Franske altandøre i ydervæggen kippede tidligere indad, hvilket er en af årsagerne til opfugtning og indtrængning af regnvand, og dermed skimmelvækst i ydervægskonstruktionen. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at vælge nye døre med en ny åbningsmekanisme for at undgå samme problem efter renoveringen.

Etagedæk

Etagedækkelser er udført i 180 mm beton-huldæksselementer, der spænder på langs af bygningen. Etagedæk i stueplan vender mod uopvarmet krybekælder, mens dele af etagedæk på 1. sal vender mod uopvarmet rum eller udeluft, de steder hvor der er gennemgang i parterre.

Dæk mod uopvarmede rum (og udeluft).

Dæk over uopvarmede rum er udført i in-situ støbt beton. Dækket er belagt med trægulv og har en beregnet U-værdi på 0,53 W/m²K.

Dæk mod krybekælder

Dæk i stueetagen mod krybekælder består af 180 mm armerede betondæk med trægulv med en beregnet U-værdi på 0,56 W/m²K.

Altaner

Bebyggelsen har glasinddækkede, indbyggede altaner. Adskillelsen

3.1.3.2 Ventilation

Mekanisk udsugning

Der er mekanisk udsugning fra køkken og bad i boligerne. Der er antaget et ventilationsniveau før renovering på 0,3 l/s m².

3.1.3.3 Varmesystem og varmt brugsvand

Varmesystem

Boliger opvarmes med fjernvarme, der føres til fjernvarmeveksler og ladekredssystem til varmt brugsvand. Fjernvarmen har et temperatursæt på 90/70 og installationen er fra ca. 1980. Der er regnet med et varmetab på 1,25 W/K, et standby forbrug på 5 W og en samlet pumpeeffekt på 250 W. En fælles varmecentral betjener fire blokke, hvor varmen fremføres i varmerør i krybekælder og under jorden (ca. 37 m) mellem de fire blokke. Varmerørene har et varmetab på 0,39 W/mK. Varmen fordeles videre gennem et 2-strengt system, med ca. 280 m varmerør til frem- og returløb. Der er regnet med et gennemsnitligt varmetab i rørene på 0,42 W/mK samt en b-faktor på 0,7.

Varmt brugsvand

De 4 boligblokke forsynes med varmt brugsvand fra en brugsvandsbeholder på 3.000 L, placeret ved varmecentralen. Det varme brugsvand cirkuleres i ca. 300 m rør. Der er konstateret problemer med legionella i brugsvandssystemet.

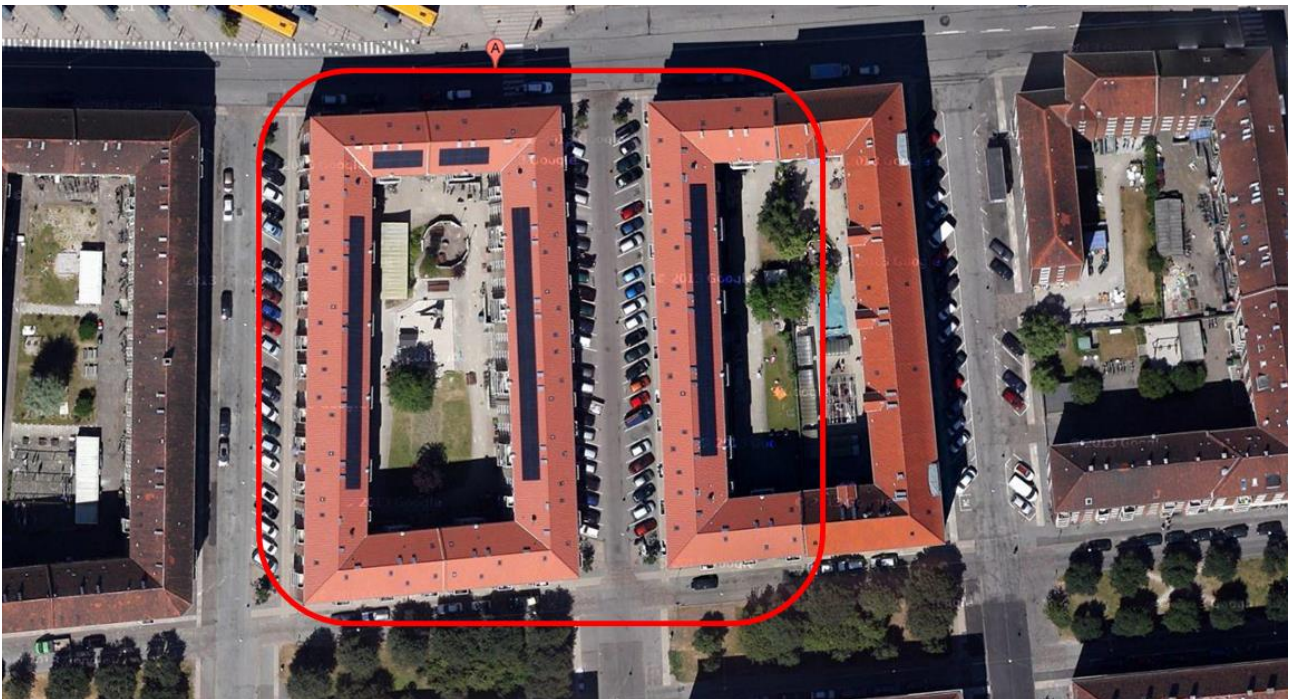
Uopvarmede rum

Kælder og trappeopgange er udført i betonelementer og er uopvarmede. Der er naturlig ventilation i de uopvarmede rum. Denne er estimeret til ca. 0,3 l/s m².

3.2 Bygningsbeskrivelse AB Lyshøjgård

Ejendommene er bygget af gode materialer og er tidstypiske for området og byggeåret 1937 - 38. Ejendommene ligger centralt i Valby og med tæt forbindelse til privat og offentlige service, samt grønne arealer.

Boligforeningen A/B Lyshøjgård består af 1½ karré med i alt 240 lejligheder. Etageboligbyggeriet er i 5 etager med uopvarmede loftsrum, kældre og opgange. Det samlede opvarmede etageareal er ifølge BBR 14.894 m² hvoraf det opvarmede boligetageareal er 14.738 m². Boligforeningen har 3 varmecentraler, der hver forsyner ½ karré (ca. 80 lejligheder). Karrenen er vist i figur 8 nedenfor.



Figur 8 Luftfoto af AB Lyshøjgård

3.2.1 Beliggenhed

Etageboligerne ligger i Københavns Kommune, ca. 30 m syd fra Valby station. De nordvendte facader, der ligger ud mod stationsområdet, er belastet af trafikstøj, fra bus, bil og togtrafik. Der er ikke monteret lydrudder i den nordlige del af ejendommen, der vender ud mod bustrafik og jernbanen.



Figur 9 Facadefotos af AB Lyshøjgård.

3.2.2 Tilstand og energibehov

Det beregnede årlige klimakorrigerede varmebehov er ifølge energimærkningen fra 2009 på 1.745,85 MWh. Dette svarer til 117,2 kWh/m². A/B Lyshøjgård er, ifølge energimærkningen fra 2009, energimærket E. Dette svarer til energibehov på mellem 150,3 til 190,3 kWh/m².

3.2.3 Beskrivelse af eksisterende forhold

Kollektiv varmforsyning

AB Lyshøjgård er tilsluttet fjernvarme, der distribueres af Københavns Energi (KE). Fjernvarmeprisen² (vand) er ifølge KE 496,63 kr./MWh (2011). Afkølingskravet for 2011 er 34 °C. Hvis afkølingen i ejendommen er op til 5 °C højere eller lavere end afkølingskravet, opkræves der ingen ekstra betaling eller udbetales bonus. Er afkølingen over året i gennemsnit over 39 °C, udbetales der derimod bonus. Omvendt opkræves der en ekstra betaling, hvis afkølingen i gennemsnit har været under 29 °C. Størrelsen af bonus eller ekstraudgift er 3,97 kr. pr. MWh pr. °C ekskl. moms.

Effektbetaling

Effektbetaling er betaling for den effekt, der er nødvendig, for at opvarme ejendommen. Effektbetalingen er et fast årligt abonnement, som fastsættes af KE på baggrund af ejendommens størrelse og anvendelse, samt hvor godt den er isoleret (tilslutningseffekten). Effektbetalingen er uafhængig af forbruget. Prisen for effektbetaling er 149,91 kr. pr tilsluttet kW pr. år ekskl. moms, pr. 1. januar, 2011.

Fredning og bevaringsværdighed

AB Lyshøjgård beliggende på matrikel nr. 1576 og matrikel nr. 1552 er i fredningskategori 4 (middel bevaringsværdighed)³. Bygninger i kategorierne 2-4 er de bygninger, som i kraft af deres arkitektur, kulturhistorie og håndværksmæssige udførelse er fremtrædende eksempler inden for deres slags.

3.2.3.1 Klimaskærm

Tagkonstruktion

Tagkonstruktionen består af et uisoleret cementunderstrøget tegltag på lægter. Taget er af ældre dato og trænger til udskiftning. Tagrummet er ventileret (ventilationsraten antages at være 0,6 l/s m²), og det benyttes som opbevaringsrum og tørrerum. Taghøjden er ca. 3,20 m fra overkant af gulv til overkant af kip.



Figur 10. Foto af eksisterende forhold i tagkonstruktion

² Københavns Energis Hjemmeside: <http://www.ke.dk/portal/pls/portal/docs/1000002.PDF>

³ Kulturarvsstyrelsens hjemmeside: <https://www.kulturarv.dk/fbb/offentligbyggningssoeg.pub?public=true&advanced=true>

Etageadskillelsen mod det uopvarmede loftsrums rum består af et plankegulv på et træbjælkelag med 5 cm isolering og pudsede lofter. U-værdien er antaget til 0,6 W/m²K.

Ydervæg

Ydervæggen består af en uisoleret, massiv murstensvæg. Murtykkelsen varierer over højden, således at den nederst består af 60cm tegl med $U = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$, ved 1.sals højde består af 48cm tegl med $U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$ og øverst består af 36cm tegl med $U = 1,21 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Brystninger er uisolerede og består af et enkelt lag mursten med tykkelsen 24cm og $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Den murede ydervægs forbindelse til væggene i de uopvarmede trappeopgange udgør en kuldebro. Væggene i lejlighederne mod opgangen er kolde, og der er øget risiko for dannelse af skimmelsvamp på disse vægflader.

Vinduer og altandøre

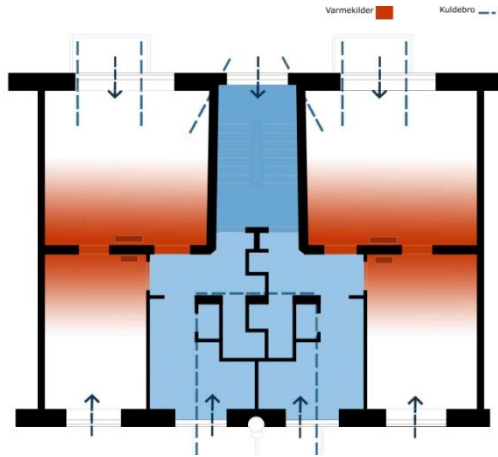
De eksisterende vinduer er plasticvinduer med 2-lags termorude. U-værdien er vurderet til 2,8 W/m²K. Altandøre er af samme type og U-værdien er vurderet til 3,1 W/m²K. Da der ikke er isolering i ydervæggen, har vinduer og altandøre et linjetab på 0,11 W/mK. Flere beboere oplever træk fra vinduer og kuldegener fra de uisolerede brystninger.



Figur 11. Illustration af forsøg på tætning af vinduer

Altaner

Der er kuldebro fra de eksisterende altaner og jernbetonbæring, som er forankret inde i den enkelte lejlighed, og som transporterer kulde direkte ind i gulvene. Altanerne mod gården er båret af en betonplade, der transporterer kulde ind i gulvet i køkkener og badeværelser.



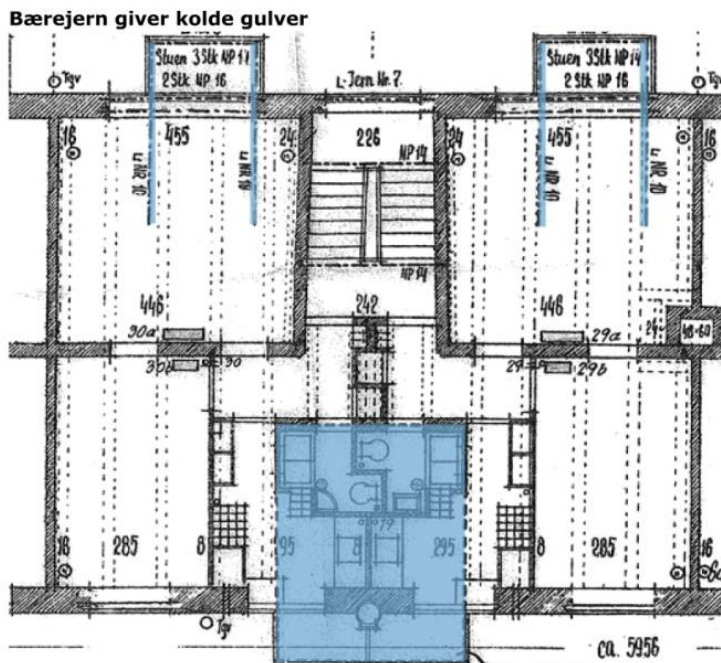
Figur 12 Varmefordeling i Lyshøjgård

Taget er fra byggeriets opførelse og har opfyldt sin levetid. Ligeledes må de eksisterende termoruder forventes at have en begrænset restlevetid. Ejendommens nordvendte facader, der ligger ud mod stationsområdet, er belastet af trafikstøj, fra bus, bil og togtrafik. Der er ikke monteret lydrunder i den nordlige del af ejendommen, der vender mod jernbanen.

Der forefindes kun to radiatorer per lejlighed, hvilket varmeteknisk ikke er tilstrækkeligt med de eksisterende kuldebroer og det generelle varmetab fra lejligheden. Trappeopgangene er uopvarmede, og der er ingen varmekilde i badeværelserne og køkkenerne, hvilket må give indeklimaproblemer i form af blandt andet trækgener.

Eksisterende varmekilder er placeret centralt i ejendommen, hvilket giver kuldenedfald fra de uisolerede brystninger og vinduer. (Markeret med mørkerødt på figur 12).

Der er uisolerede etageadskillelser mod loft og kælderetage, hvor især den manglende isolering mod loftetagen er problematisk.



Figur 13 Kuldebroer i Lyshøjgård

Kælder

Bygningen har uopvarmet kælder, der ligger over 2m under jordoverfladen. Kælderen benyttes hovedsageligt til installationer, cykelparkering og enkelte kontorer. Etagedæk mod kælderen består af et uisoleret træbjælkelag med lerindskud, som har en U-værdi på 1,5 W/m²K. Kælderydervæggen er antaget at bestå af 60 cm tegl og have en U-værdi på 0,69 W/m²K. Gulvet er af beton og forventes at have U = 0,48 W/m²K. Kældervinduer antages at have samme karakter som de resterende vinduer.

Trappeopgang

Indgang til lejlighederne sker gennem uopvarmede trappeopgange. Vægge, der vender mod disse, består af massiv tegl i 24cm tykkelse med U = 2,1 W/m²K. I trappeopgangene findes store vinduer, og både disse og hoveddøren i trappeopgangen antages at have samme karakter som de resterende vinduer. Opgangene er oplyst hele natten, for at forebygge indbrud og lignende.

3.2.3.2 Ventilation

Naturlig ventilation

Etageboligen ventileres udelukkende vha. naturlig ventilation af en 10 x 15 cm aftrækskanal i køkken og bad. Flere beboere har tilstoppet det naturlige aftræk for at reducere varmetabet. Dette kan give problemer med fugt fra bad og fra madlavning, som foregår vha. gas. Enkelte beboere har emhætte med aftræk gennem facaden.



Figur 14 Billeder fra badeværelser

3.2.3.3 Varmesystem og varmt brugsvand

Varmesystem

Der er i boligforeningen 3 varmecentraler, der forsyner ca. 80 lejligheder pr. central. Varmecentralen er forsynet med vand (ikke damp) fra Københavns Energi, og varmen veksles i en fjernvarmeveksler fra Cetetherm (Cetetube 2800-H fra 1992). Fremløbstemperaturen er udetemperatur-korrigeret (faktor 1,7 svarende til at fremløbstemperaturen hæves 1,7 °C for hver grad udetemperaturen falder, samt at fremløbstemperaturen hæves 4 og 8 grader ved hhv. jævn og stærk blæst).



Figur 15. Fjernvarmeveksler.



Figur 16 Grundfos UPS 80-60 F pumpe.

Varmesystemet er fra 1938 og udført som et ét-strengt system. Pumpen til varmesystemet er for få år siden udskiftet til en trinstyret Grundfos UPS 80-60 F (880 W).

Radiatorer er placeret i værelse og stue langs indervæggen i lejligheden, hvilket giver problemer med træk ved vinduer og enkelte steder fugt i hjørnerne ved ydervæggen.

Varmt brugsvand

Hver varmecentral inkluderer en varmtvandsbeholder på 3000 L. Beholderne er fra 1992 af mærket Ajva, og de er isoleret med 100 mm isolering. I bunden er monteret en ekstra varmespiral, hvor returvandet fra varmesystemet løber igennem og derved bidrager til at forvarme det varme brugsvand, inden fjernvarmen sendes retur. Varmt brugsvand cirkuleres af en trinreguleret pumpe af mærket Grundfos.



Figur 17 Pumpe til varmt brugsvand.

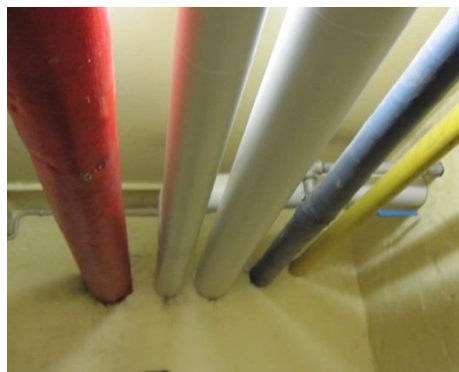
Rør

Varmefordelingsrør og varmt brugsvand føres fra varmecentral til loftsrum langs gl. skorsten. Rørene deles herfra i to grene, som løber på gårdsiden langs spærfødderne i det uopvarmede loftsrum, og dermed befinder sig udenfor klimaskærmen. Hver gren forsyner 4 opgange med varme og vand. Brugsvandsrør føres i badeværelse mellem to lejligheder, så hver opgang deles om en stigstreng, mens varmerør føres mellem værelser og derfor kræver to stigstreng pr. opgang (en til hver side). Rørene er på loftet af ældre dato og ringe isoleret (ca. 10 mm). Det er planlagt, at de skal skiftes snart. Ved fremføringen er rørdimensionen på varmerørene ca. 4", og de forventes at være reduceret mod slutningen af strengene til 1½", som også er dimensionen på stigstrengene. Rør til varmt brugsvand har ved fremføringen en dimension på 2,5", og forventes at være reduceret til 1¼", som også er dimensionen på brugsvandsstigstrengene.



Fremføring af rør på loft.

Figur 18 Varmerør – eksisterende forhold



Nye og velisolerede rør i kælder.



Dårlig isolering af rør på loft.

Rørene føres tilbage til varmecentralen gennem den uopvarmede kælder, ligeledes udenfor klimaskærmen. Rørene er dog skiftet for nylig og er tilført 30 mm isolering.

4 Energirenoveringstiltag

I det følgende er givet en beskrivelse af effekten af en række attraktive energirenoveringstiltag for de to bebyggelser. For Heimdalsvej er beskrivelsen relativt kortfattet, da dette byggeri er et betonelementbyggeri fra 1960'erne, der byggeteknisk er relativt enkelt at renovere. Energibesparelsesberegningerne for Heimdalsvej er tilsvarende enkle at udføre, hvorfor der ikke er redegjort specifikt herfor.

For et byggeri som AB Lyshøjgård, som er et muret etageboligbyggeri fra 1937, er situationen mere kompleks, og der er derfor givet en mere detaljeret beskrivelse af såvel energiberegninger som de enkelte energirenoveringstiltag.

I kapitel 5 er efterfølgende givet en beskrivelse af de udarbejdede energirenoveringskoncepter baseret på en række kombinationer af de enkelte energirenoveringstiltag, samt foretaget en beregning af de forventede energibesparelser for de udarbejdede renoveringskoncepter.

4.1 Potentielle energirenoveringstiltag - Heimdalsvej

Nedenfor er oplyst attraktive tiltag for en energirenovering af boligblokkene på Heimdalsvej. Tiltagene er opdelt på klimaskærm, ventilation og varmesystem/brugsvand. I nedenstående tabeller er de enkelte tiltag beskrevet med de tilhørende beregnede U-værdier, linietaf og systemeffektiviteter.

4.1.1 Klimaskærm og linietaf

Tabel 2. Tiltag vedrørende klimaskærm og linietaf.

Virkemiddel Klimaskærm	Eksisterende konstruktion	Ny konstruktion	Fremtidig U-værdi [W/m ² K]
Efterisolering af tag med 150 mm kl. 37.	180 mm armeret betondæk m. 260 mm isolering kl. 40.	Efterisolering med 150 mm mineraluld kl. 37.	0,09
Ny tagkonstruktion over ny karnap.		375 mm let konstruktion af 10 % træ og 90 % mineraluld kl. 37.	0,11
Nye lette ydervægge på 1. -3. sal.	100mm træskelet med 75mm isolering - 10 % træ, 90 % isolering og pladebeklædning.	425 mm ydervæg med 10 % træ og 90 % isolering kl. 34.	0,11 (0,2 ved ventilationskanaler)
Efterisolering af betonydervæg i stueetage.	Betonelement 180 mm med beklædning af gips.	Efterisolering med 280 mm lag af 10 % træ og 90 % mineraluld 34.	0,15
Ydervæg i karnappå 1. – 3. sal.		375 mm let konstruktion af 10 % træ og 90 % mineraluld kl. 34.	0,11
Ydervæg i karnap og altan i stueetage.	Betonelement 180 mm.	200 mm let konstruktion af 10 % træ og 90 % mineraluld kl. 34.	0,20
Udskiftning af vinduer til 3-lags energiruder.	Termoruder med U-værdi på 2,8 W/m ² K.	Nye 3-lags energivinduer med krypton. g = 0,6 og linietaf = 0.	0,9
Isolering af gulv mod uopvarmede rum.	Betondæk med trægulv.	Isolering kl. 37 mellem træstrøer i gulv.	0,46/0,47
Efterisolering af gulv mod krybekælder.	Betondæk med trægulv.	75 mm isolering kl. 37 mellem træstrøer.	0,42
Nyt gulv i ny karnap (gulv mod terræn).		375 mm polystyren.	0,10
Isolering af skillevægge mod nye uopvarmede rum i parterre.		Skillevægge mod uopvarmede rum efterisoleres udvendigt med 150 mm mineraluld.	0,44
Virkemiddel Linietaf	Ny konstruktion	Fremtidigt linietaf [W/mK]	
Ny placering af vinduer.	Vinduer placeres i niveau med isolering og karm	Under 0,03	
Efterisolering af fundament.	Efterisolering af fundament og krybekælder til 250 mm's dybde.	0,29/0,39	

4.1.2 Ventilation

Tabel 3. Tiltag vedrørende ventilation.

Virkemiddel ventilati-on	Ventilationsrate [l/s m ²]	Infiltration [l/s m ²]	Varmegenvindings-effektivitet (krav) [-]	Specifikt elforbrug til lufttrans-port (krav) [kJ/m ³]
Mekanisk behovstyret ventilation med var-megenvinding.	0,3	0,1	0,91	0,97

Ved balanceret ventilation må der påregnes en ex-/infiltration, der afhænger af bygningens tæthed. Kravet til lavenergibygninger er 1,0 l/s pr. m² ved trykprøvning på 50 Pa, svarende til $(0,06 \cdot 1,0 + 0,04) = 0,1$ l/s pr. m² ved normale forhold.

4.1.3 Varmesystem og varmt brugsvand

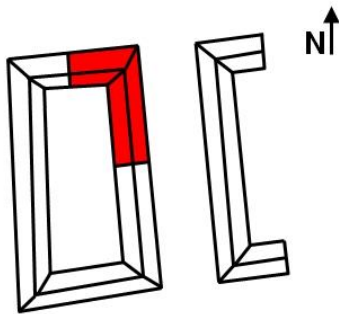
Tabel 4. Tiltag vedrørende varmesystem og varmt brugsvand.

Virkemiddel varmesystem og varmt brugsvand	Beskrivelse
Ny varmeunit og installation af 3 fjernvar-mestik m. udnyttelse af retur fjernvarme.	Ny varmeunit som kan udnytte lavtemperatur fra fjernvarmereturrør. Anvender eksisterende radiatorer. Temperatursæt reduceres fra 90/70 til 55/35. Fjernvarme udnyttes til grundopvarmning af varmt brugsvand, hvilket reducerer temperatur af returvand.
Ny varmtvandsbeholder og rør til brugs-vand.	Ny beholder med varmetab på 2,88 W/K samt rør med varmetab på 0,42 W/mK. Gennemstrømningsopvarmning reducerer risiko for salmonella.

4.2 Potentielle energirenoveringstiltag - AB Lyshøjgård

Der er foretaget energiberegninger for situationen før renovering og for de enkelte energirenoveringstiltags indflydelse på energibehovet. Energiberegningerne er foretaget i beregningsprogrammet Be10, med be-regningskernen version 5, 11, 3, 4.

Energiberegningen er foretaget for et repræsentativt udsnit af ejendommen. Udsnittet udgøres af et karré-hjørne bestående af de fire opgange, som tilsammen består af et opvarmet etageareal på 2.354,5 m². På nedenstående skitse ses det udvalgte udsnit.



Figur 19 Orientering.

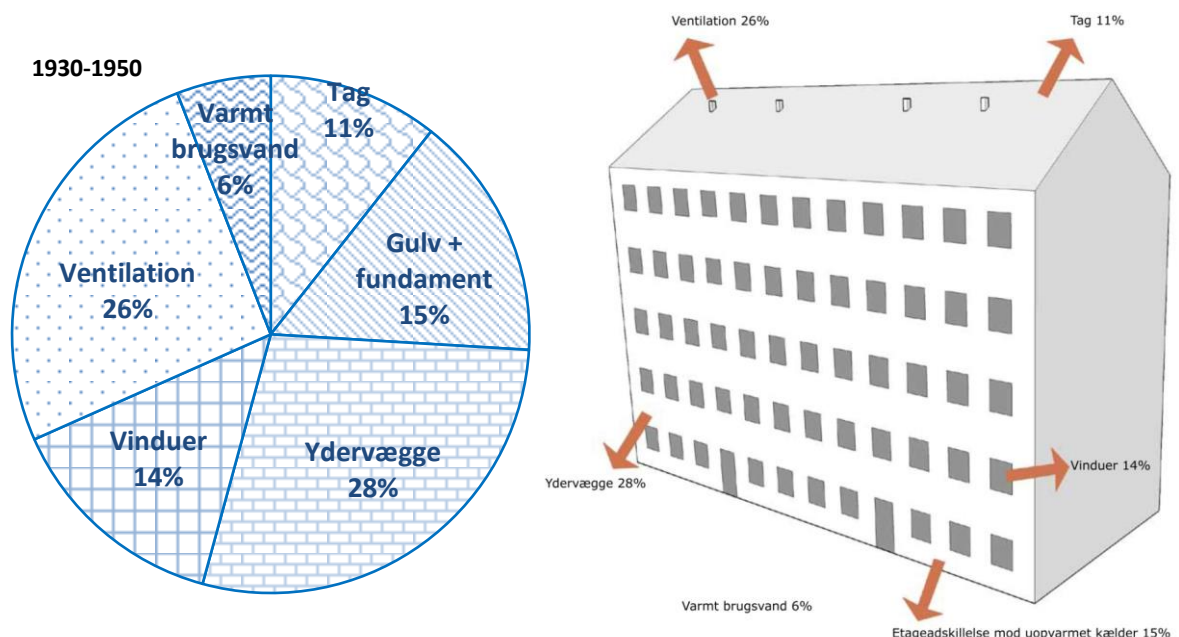
Ejendommens trappeopgange, kælder og tagrum er beregnet som uopvarmede rum. Køkken, entré og ba-deværelse har ingen varmekilder men beregnes som værende opvarmede. Hele andelsboligforeningen består af 24 opgange. Der findes fælles varmecentral for hver 8 opgange. Udsnittet andrager dermed 50 % af en varmecentrals samlede energibehov.

AB Lyshøjgård er, ifølge energimærkningen fra 2009, energimærket E. Dette svarer til energibehov på mellem 150,3 til 190,3 kWh/m². I nedenstående tabel er energimærkningens skala anført ift. etagearealet (A) for Lyshøjgård:

Tabel 5 Energimærker.

Energimærke	Energibehov	Energibehov [kWh/m ²]
A1	< 35 + 1100/A	35,1
A2	< 50 + 1600/A	50,1
B	< 70 + 2200/A	70,1
C	< 110 + 3200/A	110,2
D	< 150 + 4200/A	150,3
E	< 190 + 5200/A	190,3
F	< 240 + 6500/A	240,4
G	> 240 + 6500/A	Over 240,4

Energibehovet i etageboliger opført i perioden 1930 til 1950 er typisk præget af et stort varmetab gennem ydervægge og fra ventilation pga. en typisk meget utæt klimaskærm. Ifølge rapporten "By og Byg Dokumentation 057, Vurdering af potentialet for varmebesparelser i eksisterende boliger", (2004), er varmetabet i disse boliger typisk fordelt som angivet i nedenstående figur.



Figur 20 Typisk fordeling af varmetab på de enkelte bygningsdele for etagebyggeri fra perioden 1930 - 1950

For at fastlægge etageboligens energibehov mere præcist er der foretaget en energiberegning for de eksisterende forhold.

4.2.1 Energibehov før renovering

Det udvalgte hjørnes gadefacader er orienteret mod nord og øst, mens gårdfacaderne er orienteret mod syd og vest. Beregningen antages at være repræsentativ på trods af orienteringsforskelle, da en 180° rotation af modellen giver en beskedent ændring i energiforbruget på kun 2,1 kWh/m² år. Det samlede el-behov til bygningsdrift udgør 1,8 kWh/m², som vægtes med en faktor 2,5. Det lave el-behov skyldes, at boligerne udelukkende ventileres ved naturlig ventilation, og at belysning ikke medregnes i energiforbruget til boliger. Det samlede varmebehov er 144,1 kWh/m². Heraf udgør varmetabet fra installationer til rumopvarmning og varmt brugsvand henholdsvis 6,6 kWh/m² og 15,1 kWh/m².

4.2.2 Beskrivelse af potentielle energirenoveringstiltag

I det følgende er givet en detaljeret beskrivelse af en række potentielt attraktive energirenoveringstiltag for AB Lyshøjgård efterfulgt af en oversigt over de beregnede mulige energibesparelser for de enkelte tiltag.

4.2.2.1 Klimaskærm

Tagkonstruktion

Isolering til kip

I forbindelse med renovering af taget bør det overvejes at isolere langs tagspær til kip med 300 eller 400 mm isolering klasse 37. Dette vil forbedre tagets U-værdi til henholdsvis 0,14 W/m² K eller 0,11 W/m² K. Efterisoleringen er i overensstemmelse med bygningsreglementets krav om en forbedring af U-værdien til maks. 0,15 W/m² K ved renovering af tag. Ved renoveringen kan taget samtidig tætnes, hvorved varmetabet reduceres, da ventilationen mindskes fra 0,6 til 0,3 l/s m². Den ekstra isolering vil også sikre et mindre varmetab fra de varmerør og brugsvandsrør, der føres på loft.

Isolering af etageadskillelse mod loftsrum

Da loftsrummet er uopvarmet kan det overvejes at isolere etageadskillelsen mod loftet frem for at isolere taget. Ved at anvende 300 eller 400mm isolering klasse 37 kan etagedækkets U-værdi reduceres fra 1,50 W/m² K til henholdsvis 0,14 W/m² K eller 0,11 W/m² K. Ulempen ved at efterisolere etageadskillelsen er, at varmerør samt rør til brugsvand skal føres i eller udenfor isoleringen. Ligeledes vil isolering ovenpå etagedækket besværliggøre anvendelse af loftsrummet.

Ydervæg

Udvendig efterisolering

Udvendig efterisolering af facaden er en effektiv mulighed for at mindske etageboligens varmetab. Ved en efterisolering med 200 mm reduceres U-værdien til 0,17/0,16 (alt efter murtykkelsen). Udvendig efterisolering af facade mod gaden kan være problematisk grundet bevaringsværdighed. Alternativt kan kun facaden mod gård efterisoleres.

En negativ virkning af udvendig efterisolering er reduktionen af dagslys i boligen. Derfor anbefales det ikke at efterisolere med over 200 mm.

Ved efterisoleringen bør vinduerne skiftes, så de kan flyttes ud i det isolerende lag, hvorved linjetabet reduceres til under 0,03 W/m² K. Ved at placere nye vinduer yderst i klimaskærmen opnås samtidig størst muligt tilskud af passiv solvarme.

Indvendig efterisolering af brystninger

Indvendig efterisolering af hele facaden er ikke en hensigtsmæssig løsning, da det kan give problemer med fugt i etageadskillelsens træbjælkelag. Det kan dog være relevant at udføre en indvendig efterisolering af brystninger, hvilket er oplagt, da etageboligen ikke har radiatorer placeret under vinduespartierne. En sådan efterisolering kan udføres med mellem 100 og 200mm mineraluld og vil kunne forbedre U-værdien til 0,18 W/m² K eller 0,32 W/m² K. På de øverste etager vil det grundet den mindskede murtykkelse maksimalt være muligt at opnå en efterisolering med 120mm og en forbedret U-værdi på 0,27 W/m² K.

Efterisolering af brystninger vil desuden mindske gener fra kuldestråling ved vinduerne.

Vinduer

Varmetabet gennem vinduerne kan reduceres betragteligt, hvis disse udskiftes til lavenergivinduer. Det antages, at nye vinduer har samme udformning og glasandel som de eksisterende vinduer.

2-lags vinduer

Vælges en rude med to lag glas opnås en U-værdi på 1,35 W/m²K. I dette tilfælde er lystransmittansen 0,80 og soltransmittansen er 0,63. E-ref er -28,5 kWh/m².

3-lags vinduer

Udskiftes vinduerne i stedet til lavenergivinduer med tre lag glas, kan vinduets U-værdi reduceres til 0,78 W/m²K. Lystransmittansen er i dette tilfælde 0,71 og soltransmittansen er 0,49. E-ref er +1,7 kWh/m².

Isolering af kælder

Isolering af etagedæk mod kælder

Gulvet i stueetagen er uisolereet, hvilket giver et stort varmetab mod den uopvarmede kælder, samt gener fra de kolde gulve. For at mindske varmetab og gener kan etageadskillelsen efterisoleres med 200 mm isolering. Isoleringen består af dels af granulat, der indføres i etageadskillelsen samt et lag mineraluld på undersiden af kælderloftet.

Isolering af kælderydervægge

Kælderydervægge er uisolerede, hvilket giver anledning til et stort varmetab. Det kan derfor overvejes at efterisolere udvendigt med 125 mm terrænbatts klasse 38. Isoleringen vil mindske U-værdien til 0,21 W/m²K og desuden bevirke en reduktion af linjetabet ved fundamentet. Udvendig efterisolering af kælderen er dog bekostelig, da det kræver, at jorden omkring kælderen graves op, ligesom det ikke giver anledning til større besparelser, idet kælderen er uopvarmet.

4.2.2.2 Ventilation

Naturlig ventilation

Det naturlige ventilationssystem kan forbedres ved at sikre, at ingen aftrækskanaler er tilstoppet, og at kanalerne er intakte fra bolig til over tag. Dette vil ikke give energibesparelser, men mindske risikoen for fugtproblemer i etageboligen.

Mekanisk udsugning

For at sikre den nødvendige ventilation kan det være nødvendigt at etablere mekanisk udsugning. Dette kan gøres ved at koble et ventilationsaggregat til de allerede eksisterende aftrækskanaler. Mekanisk udsugning er ikke en energibesparende foranstaltning (især ikke når etageboligen ikke allerede har et mekanisk ventilationsanlæg), men tiltaget giver boligen et forbedret indeklima og modvirker fugtrelaterede problemer. Ved etablering af mekanisk udsugning anvendes el til drift af ventilationsaggregatet. Dette skal ifølge de gældende lovkrav have et lavt el-forbrug med en SEL-faktor på maks. 0,8 KJ/m³.

Ventilation med varmegenvinding

Der kan opnås store energibesparelser i forbindelse med etablering af mekanisk ventilation, hvis der investeres i et ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ulempen ved systemet er, at det kræver ventilationskanaler til indblæsning af varm luft i alle opholdsrum. Disse kan være svære at finde plads til og vil typisk være synlige og kan virke visuelt forstyrrende. Ventilationsaggregatet kan placeres centralt (i lejlighederne) eller decentralt (eksempelvis på loftet). Energibesparelsen er forskellig, alt efter hvilken løsning der vælges.

Centralt placeret anlæg

Vælges et centralt placeret ventilationsanlæg kræver bygningsreglementet, at det har en SEL-værdi på maks. 1,8 KJ/m³ ved konstant ventilationsmængde eller maks. 2,1 KJ/m³ ved variabel ventilationsmængde. I begge tilfælde kræves en varmegenvindingsgrad på min. 70 %.

Decentralt placeret anlæg

Vælges et decentralt anlæg er lovkravene strengere, da der ved decentral placering ofte er bedre pladsmuligheder, hvilket giver mulighed for bedre effektivitet. Decentrale anlæg skal ifølge kravene have en SEL-værdi på maks. 1,0 KJ/m³ og en varmegenvinding på min. 80 %. Der findes flere anlæg på markedet, der har SEL = 0,9 KJ/m³ og varmegenvindingsgrad på over 90 %.

Behovsstyret ventilation

Både mekanisk udsugning og ventilation med varmegenvinding kan behovsstyres for at opnå yderligere energibesparelser. Ved behovsstyring justeres ventilationen efter behovet, og der kan derved påregnes en besparelse på ca. 30 % i kraft af det reducerede ventilationsniveau.

Tætning af ydervægge.

Anvendes ventilation med varmegenvinding skal der tages hensyn til varmetab som følge af infiltration gennem ydervæggen (denne indgår i ventilationen i tilfælde af naturlig ventilation eller mekanisk udsugning). Det kan derfor være relevant at gøre en indsats for at tætne ydervæggen, hvorved der kan regnes med en infiltration på kun 0,1 l/s m².

4.2.2.3 Installationer

Isolering af varmerør og brugsvandsrør

Varmerør og brugsvandsrør på loft kan efterisoleres med 30 eller 100 mm isolering, hvilket vil reducere varmetabskoefficienten fra 0,65 W/m K til henholdsvis 0,33 W/m K eller 0,16 W/m K. Ved en gennemgribende renovering af bygningen, og derved en væsentlig forbedring af isoleringen i klimaskærmen, kan varmerørene med fordel skiftes til en mindre dimension, der passer til det reducerede varmebehov. Det eksisterende effektbehov er ca. 80 W/m². Ved udskiftning af rør behøves en rørdimension Dn32, svarende til 1 ¼" rør. Reduceres effektbehovet til ca. 35 W/m² kan rørdimensionen reduceres til Dn20 svarende til et ¾" rør. Ved en udskiftning af varmerør bør det samtidig overvejes at skifte til et tostrengt varmesystem.

Indregulering af varmesystem ved væsentligt nedsat varmebehov

Ved en væsentlig ændring af energibehovet er det nødvendigt at indregulere varmesystemet. Fremløbstemperaturen kan ofte med fordel sænkes, da effektbehovet er lavere, og varmetabet i systemet derfor er mindre. Desuden kan pumper udskiftes/indreguleres efter det reducerede varmebehov.

4.2.2.4 Energiforsyningsmuligheder

4.2.2.4.1 Traditionelt solvarmeanlæg

Solvarme kan dække en stor del af varmebehovet i en bolig og kan derfor være en god supplerende varmekilde til forsyning af varmt brugsvand og evt. rumvarme. Ved brug af solvarme er der behov for en sekundær varmekilde, der kan dække varmebehovet i de perioder, hvor solvarmen ikke er tilstrækkelig. Da AB Lyshøjgård ligger i et fjernvarmeområde er denne varmforsyning den mest nærliggende, eftersom der normalt ikke gives dispensation for fjernvarmeaftagerpligten i forbindelse med renovering eksisterende ejendomme i et fjernvarmeområde. Varmeomkostningen ved fjernvarme er (udover effektbidraget) på ca. 0,497 kr./kWh. Denne pris skal sammenholdes med varmeprisen for solvarme for at vurdere, hvor attraktivt solvarme er for AB Lyshøjgård. Dette er belyst nedenfor.

Overslagsberegning for solvarme

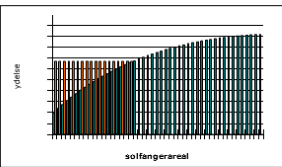
Overslagsberegningen giver ud fra nedenstående forudsætninger en solvarmepris på 0,84 kr./kWh inkl. moms. (0,672 kr./kWh ekskl. moms). Overslagsberegningen er foretaget med "solvarmekalkulatoren" som er udviklet af solvarmecenter.dk⁴. Priserne er i prisniveau 2009 og er inkl. installation men ekskl. eventuel teknisk rådgivning. Overslagsberegningen viser, at solvarme, ud fra de givne forudsætninger, er ca. 0,175 kr./kWh (ca. 35 %) dyrere end enhedsomkostningerne for fjernvarme. Den beregnede pris og ydelse er kun overslagsmæssig og vejledende, men umiddelbart kan det konkluderes, at solvarme ikke vil være attraktivt for AB Lyshøjgård, idet fjernvarmen er relativt billig.

Forudsætninger for overslagsberegning af solvarmeanlæg

Der er i alt 3 varmecentraler i ejendommen, og det antages derfor for at være mest hensigtsmæssigt at etablere solvarme som supplement til hver varmecentral. En varmecentral dækker et varmtvandsbehov på ca. 3.500 l/døgn (ca. 250 l/m² om året). For ikke at få for store varmetab fra cirkulation mellem varmtvandsbeholder og solfangere, antages solfangerne etableret på det sydvendte tagareal mod Lyshøj Allé (ca. 80 m² pr. varmecentral). Rørføringen kan dermed begrænses til ca. 60 m. Taghældningen er ca. 30 grader. Ved etablering af solvarme er der behov for en ny solvarmebeholder på 3.000 – 4.000 liter.

⁴ Solvarmekalkulatoren og detaljerede forudsætninger kan hentes på hjemmesiden [altomsolvarme.dk](http://www.altomsolvarme.dk/solvarmecenter/kalkulator-mellem.html).
<http://www.altomsolvarme.dk/solvarmecenter/kalkulator-mellem.html>

SOLVARMEKALKULATOR for mellemstore solvarmeanlæg (ikke anlæg til parcelhuse)

Indtast	Resultat
Gennemsnitligt varmtvandsforbrug over året <input type="text" value="3.500"/> liter pr. døgn	
Effektivt solfangereareal <input type="text" value="80"/> m ²	
Solfangerhældning <input type="text" value="30°"/>	
Solfangerorientering <input type="text" value="Syd"/>	
Anbefalet solvarmebeholder (VVB) <input type="text" value="3.2 - 4"/> m ³	
Nybyggeri <input type="text" value="nej"/>	
Erstatter solvarmebeholder alternativt varmtvandsbeholder? <input type="text" value="nej"/>	
Afstand mellem solfanger og solvarmebeholder <input type="text" value="60"/> m (dobbeltrør)	
	Solvarmeydelse <input type="text" value="33.300"/> kWh/år
	Pris for komplet solvarmeanlæg <input type="text" value="484.700"/> kr
	Energipris for solvarme <input type="text" value="0,84"/> kr/kWh (priser inkl. moms)

Figur 21 Overslagsberegning for ydelse fra solfangeranlæg

4.2.2.4.2 Jordvarme – Vertikale slanger

Jordvarme i tæt bebyggelse kan være en løsning, hvis varmeslangerne føres i lodrette slanger i lukkede borer, eller i et åbent system (ATES), hvor grundvandet suges op af et grundvandsmagasin fra et borehul og pumpes ned igen via et andet borehul.

Åbne systemer anvendes hovedsageligt i større bygninger. Borehuller og mulighed for anvendelse af ATES-anlæg afhænger fuldstændig af jordbundsforholdene. Dimensionering afhænger af varmebehovet, hvorfra pumpeflow og anlæg skal dimensioneres. Ved åbne systemer kan der udfældes jern og mangan (okker), og der kan forekomme korrosionsrelaterede problemer.

I lodrette borer optages varmen primært ved grundvandsstrømning og sekundært ved varmeledning i jorden. Varmeoptaget i lodrette borer kommer effektiviteten derfor meget an på jordbundsforholdene, eftersom strømning af grundvand og jordbundstype kan variere meget indenfor små afstande. Som udgangspunkt er det dimensionerende effektoptag i jorden på 35 W/m, men det kan typisk svinge mellem 20 og 60 W/m, afhængigt af om jordbunden er tør og sandet, eller om der er tale om fugtig jord. Borer koster ca. 450 kr./m, hvilket er ca. 5-10 gange dyrere end udlægning af vandrette jordslanger.

Borehullers dybde er typisk mellem 20 og 200 m. Borehuller over 250 m kræver i Danmark en særlig tilladelse. Der skal mindst være 20 m mellem hvert borehul, og der må ikke være mindre end 300 m til det nærmeste almene vandforsyningsanlæg.

Jordvarmeanlæg med lodrette borer skal årligt efterses af en sagkyndig. Hvis effektbehovet i AB Lyshøjgård er ca. 60 W/m² skal der i værste tilfælde foretages 3 m. boring pr. m² opvarmet etageareal. Dette vil i alt løbe op i (3 m/m² x 14.894 m²) = 44,7 km borehul, svarende til ca. 225 borehuller a 200 m. Overslagspris for etablering af borehuller er ca. 20 mio. kr. ekskl. selve varmepumpeanlægget. Hvis jordvarme skal være en attraktiv varmeforsyning som alternativ til fjernvarme i AB Lyshøjgård, bør det eksisterende varmebehov reduceres til minimum lavenergiklasse 2015.

4.2.2.4.3 Solceller

Et typisk solcelleanlæg kan i Danmark producere ca. 120 kWh/m² ved optimal hældning direkte mod syd. For at komme under nettomålerordningen må hver lejlighed maksimalt opsætte 6 kWp-anlæg, som svarer til ca. 42 m² (afhængig af effektivitet). Da nærværende analyser blev udført oplyste Energitjenesten⁵, at afgiftsfrigørelsen (i elafgiftslovens § 2, stk. 1, litra e, på de vilkår, der i øvrigt er nævnt i bestemmelsen) også

⁵ Energitjenestens hjemmeside: http://www.energitjenesten.dk/files/resource_4/Marts2010/Nettomalerordning_for_solceller.pdf

vil omfatte et solcelleanlæg, der tilsluttes en elinstallation / måler i en ejendom, der består af flere lejligheder (husstande), uanset den samlede effekt er større end 6 kW, hvis effekten opgjort pr. lejlighed (husstand) i ejendommen ikke overstiger 6 kW.

Prisen på solcelleanlæg afhænger bl.a. af størrelse og type, og hvordan solcellerne opsættes. Solceller kan opsættes på to forskellige måder. Enten som eftermontage på et eksisterende tag, eller som tagintegrerede solceller i forbindelse med ny tagdækning.

Montage på tag

Et 6 kWp solcelleanlæg⁶ (44m²) til montage på eksisterende tag koster 171.700,- kr. inkl. moms og standardmontage. Den årlige produktion vil være ca. 5.345 kWh. Gaia solar oplyser en tilbagebetalingstid på anlægget på ca. 13 år ved kontant køb inkl. degradering. I beregningen er benyttet en fremskrivning af den eksisterende el-pris på 4 % om året med udgangspunkt i en nuværende el-pris på 2,00 kr. per kWh.

Tagintegreret ifm. ny tagdækning

Et 6 kWp tagintegreret solcelleanlæg⁷ (40m²) til montage på eksisterende tag koster 189.500,- kr. inkl. moms og standardmontage (et plans huse med taghældning under 35 grader). Den årlige produktion vil være ca. 5.000 kWh. Gaia solar oplyser en tilbagebetalingstid på anlægget på ca. 14 år ved kontant køb inkl. degradering. I beregningen er benyttet en fremskrivning af den eksisterende el-pris på 4 % om året med udgangspunkt i en nuværende el-pris på 2 kr. per kWh.

Ved brug af tagintegrerede solceller spares tagbelægning på det areal som solcellearealet udgør. Denne besparelse skal medregnes, hvis taget udskiftes.

Pris pr. m ² tagintegreret solcelle (ekskl. moms):	3.790,- kr.
Besparelse på tagdækning ⁸ :	650,- kr.
Pris pr. m ² tagintegreret solcelle inkl. sparet tagdækning	3.140,- kr.

4.2.2.4 Innovative virkemidler

Solskodder

Solskodder er en anden innovativ form for energibesparende løsning, hvor formålet primært er at opvarme den tilførte ventilationsluft med gratis solvarme. Solskodder er derudover en mobil udvendig solafskærmning, der både holder uønsket solstråling ude og reducerer varmetabet fra vinduerne om natten.

Solskodder er udført som forsøgsprojekt på etageboliger på Istedgade 43 i København. I projektet vurderes solskodderne at give en besparelse på ca. 25 % af det årlige energiforbrug til rumopvarmning, dog med en usikkerhed på ca. 20 %.

I forsøget på Istedgade blev der på årsbasis sparet ca. 300 kWh pr. solskodde (1.800 kWh pr. lejlighed).

Af et uddrag fra rapporten⁹ fremgår:

Solskodden er opbygget af aluminiumsprofiler med en indvendig persienne som solfanger placeret mellem to lag glas front og bag. Der er huller i top og bund af solskodden, hvorigennem luft kan passere og forvarmes som følge af varmeafgivelse fra persiennen. Luften gennem solskodden drives af det undertryk i lejligheden, der skabes af udsugning fra badeværelset.

⁶ Blue Line L: http://www.altomsolceller.dk/media/8330/blue_6kwp.pdf

⁷ Integra Line L: http://www.altomsolceller.dk/media/8348/integration_6kwp.pdf

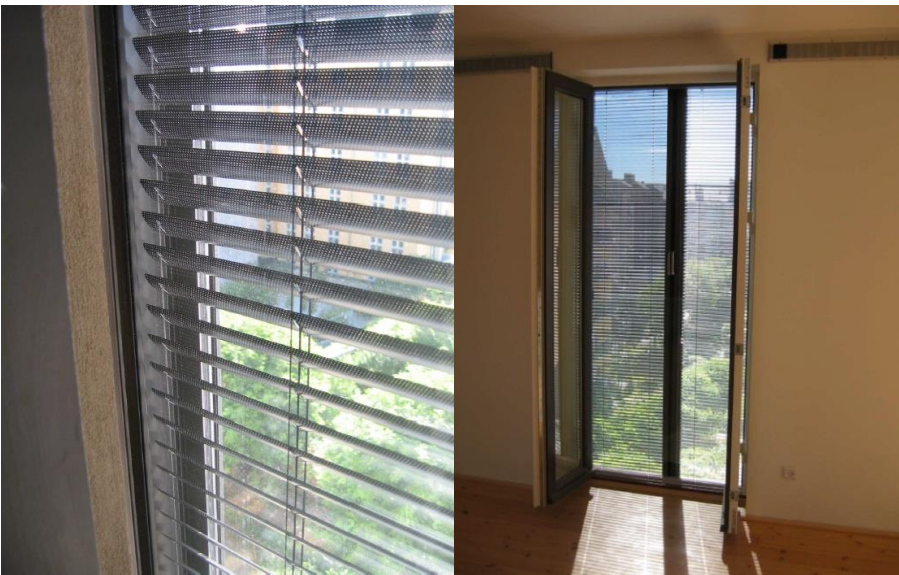
⁸ Anslået pris for nyt teglstenstag, ekskl. moms.

⁹ Forsøgsprojektet er nærmere beskrevet i følgende rapport:

<http://www.byfornyelsesdatabasen.dk/file/277759/dok.pdf>[http://www.kuben.dk/media\(500,1030\)/M%C3%A5lerapport_Solskodder.pdf](http://www.kuben.dk/media(500,1030)/M%C3%A5lerapport_Solskodder.pdf)



Figur 22 Lufttilførsel til lejligheden (tv) og huller i bund af solskodde (th).



Figur 23 Persiennen inde i solskodden (tv). Solskodden placeret foran fransk dør (th).

Når solskodden er placeret foran den franske dør, kan den virke dels som solafskærmning om sommeren og som isolerende skodde om natten om vinteren.

Er solskodden placeret foran væggen, virker den som luftsofanger til forvarmning af friskluft. Luften føres ind i lejligheden via huller i væggen, som matcher hullerne i toppen af solskodden, således at der kan spares energi til rumopvarmning. Når solskodden er placeret foran døren, er hullerne i væggen lukket.

Overdækning af gårdrum

For at udnytte passiv solvarme ved en overdækning af gårdrummet er de potentielle energibesparelser ved en overdækning af gårdrummet med texlon folier undersøgt.



Figur 24 Eksempel af overdækket gårdrum.

Gårdrummet er ca. 21 m x 56 m = 1.176 m² svarende til ca. 73 m² pr. opgang for de 16 opgange i ejendommen. Højden af gårdrummet er ca. 15,6 m (til tagfod) og giver dermed et gårdvolumen på ca. 1.147 m³ pr. opgang. Volumenet af det opvarmede etageareal for en opgang er 1.375 m³, hvilket giver et volumenforhold på 0,83. Ved et luftskifte på 0,3 l/s m² i boligerne giver dette et luftskiftet i gårdrummet på 0,36 l/s m² (standardhøjde på 2,5 m til loft anvendes i beregningsprogrammet).

Arealet af bygningsdele mod gården og tilhørende U-værdier er:

Tabel 6 Bygningsdele

Bygningsdel	Areal [m ²]	U-Værdi [kWh/m ²]
Ydervæg 36	43,2	1,21
Ydervæg 48	43,2	0,96
Ydervæg 60	21,6	0,79
Brystninger	16	2,1
Vindue + mod gård 8 x 1,07	8,56	2,8
Altandør mod gård 8 x 1,87	14,96	3,1
I alt	147,52	

De beregnede energibesparelser for texlonoverdækningen er vist i nedenstående tabel.

Tabel 7 Forskellige overdækninger.

Texlon overdækning	U-Værdi [kWh/m ²]	G-Værdi [-]*	Lystransmittans [-]*	Luftskifte i gårdrum [l/sm ²]	Energi-besparelse [kWh/m ²]	Energi-besparelse [%]
2 lag	2,6	0,81	0,81	0,36 samme ventilationsniveau som i boliger	18,4	11,3
3 lag	1,6	0,73	0,73	0,36	22,1	13,6
4 lag	1,2	0,65	0,65	0,36	24,0	14,8

Soltransmittansen for texlonoverdækningen er baseret på en transmittans pr. texlonfolie på 0,95 – 0,9, pr. lag¹⁰.

I et afgangprojekt fra Ingeniørhøjskolen i Aarhus er foretaget en energiberegning for glasoverdækning af gårdrum, baseret på timeværdier for det danske klima og solstråling. Denne beregning viser, at varmebehovet kan reduceres i størrelsesorden 10 – 15 % ved at glasoverdække gårdrummet.

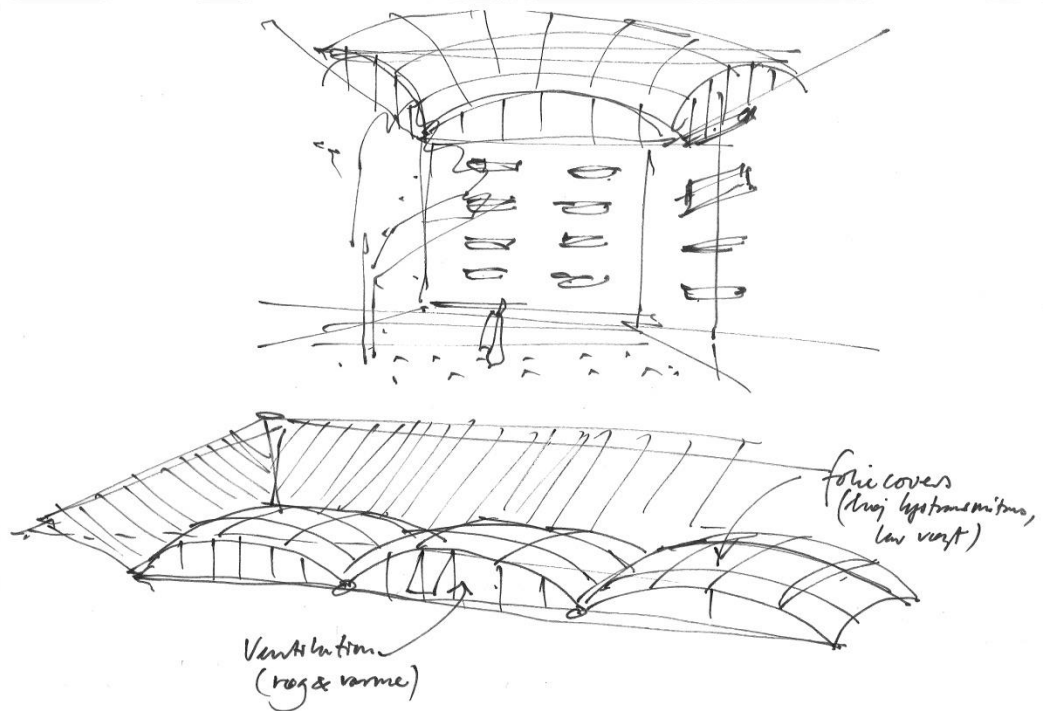


Figur 25 Gårdrummet i siloerne på Islands Brygge



Figur 26 Siloerne på Islands brygge

¹⁰ Texlon® cushions have a high transparency of between 90-95% for each layer of foil, over most of the solar spectrum. Fra producentens hjemmeside: <http://www.vector-foiltec.com/en/technical/solar-control.html>



Figur 27 Skitse af overdækning.

Glasfacade / glas-inddækning af altaner (+vinduer)

Altanerne på AB Lyshøjgård giver anledning til et øget varmetab pga. kuldebroer ved de gennemgående udhæng af armeret beton. Ejendommen er opført i et befærdet område, som er belastet af trafikstøj. Ved at glasinddække altanerne kan støjgener typisk reduceres med ca. 15 – 20 dB på altanen og ca. 5 – 10 dB i det tilstødende rum. Udover den støjdæpende effekt kan energibehovet reduceres med ca. 5 – 20 % afhængig af det oprindelige energibehov, inddækningskvalitet og altanens orientering. Sydvendte altaner har størst potentiale for energibesparelser pga. varmebidraget fra solen.

Udover energibesparelsen bidrager altaninddækningen også til mindre slidtage på selve altanerne (samt vinduer og døre), der over tid kan medføre væsentlige besparelser til vedligeholdelse. Ved en altaninddækning udvides boligens opholdszone i en forlænget periode og giver dermed også anledning til en øget komfort. Ved altaninddækninger skal man blot være opmærksom på, at det ekstra rum ikke er et opvarmet rum, og at der derfor ikke bør opsættes el-radiatorer eller lign., der potentielt kan medføre en betragtelig forøgelse af energiforbruget.



Januar kl. 9.00 Juli kl. 9.00 April kl. 9.00 Oktober kl. 9.00
Figur 28 Soldiagram over Lyshøjgård

4.2.2.4.5 Øvrige virkemidler

Grøn facade

Der er specielt i udlandet gennemført en række facadeisoleringer gennem en begrønning af facaden: det er dog endnu uafklaret hvor stor energibesparelse, der kan opnås ved en sådan begrønning. Der er dog flere andre fordele ved en begrønning af facader, f.eks. at planterne rensr luften for en lang række sundhedsskadelige stoffer. Lokalt kan man fjerne op til 60 % af partikelforureningen, ved at begrønne arealer på og omkring beboelsesejendomme. Samtidig er de grønne, bløde overflader støjdæpende. Herudover vil de

kunne medvirke til at forskønne en ellers lidt trist facade. En begrønning kan desuden kombineres med en udvendig efterisolering af facaden.



Figur 29 Eksempler på grønne facader.

Tagboliger

Dette tiltag er ofte en meget attraktiv måde at reducere ejendommens samlede energiforbrug, som det bl.a. kendes fra vinderprojektet fra RenoverPrisen 2013 på Ryesgade 30 A-C i København. I nærværende analyse er tiltaget fravalgt, da det af AB Lyshøjgård er vurderet at være for risikabelt at investere i flere boliger i området, som på nuværende tidspunkt vurderes at være svære at sælge.

Tagterrasse

Tagterrasser, der anlægges som led i en tagrenovering (og differentiering af karré), skal betragtes som en mulighed for, at omkostningsminimere det samlede projekt ved at kombinere flere forskellige tiltag. Dette er ikke undersøgt i nærværende projekt, der har haft fokus på energirenovering

4.2.3 Opsummering af energirenoveringstiltag

Nedenstående virkemidler er fundet for AB Lyshøjgård. Virkemidlerne er opdelt på kategorierne

- Klimaskærm
- Varmesystem og varmt brugsvand
- Ventilation
- Energiforsyning
- Innovative tiltag

Tabel 8 Klimaskærm.

Virkemiddel vedr. klimaskærm	Eksisterende konstruktion	Eksisterende U-værdi [W/m ² K]	Efterisolering	Fremtidig U-værdi [W/m ² K]	Note	Reduktion af energibehov [kWh/m ²]
Efterisolering af tagkonstruktion ved nyt tag samt tætning til fra 0,6 til 0,3 l/s	Tegltag på lægter, cementunderstøget	2,94	300 mm klasse 37 i 10 % træ.	0,14	0,15 er lovkrav ved udskiftning af tag	16,07
Efterisolering af tagkonstruktion ved nyt tag	Tegltag på lægter, cementunderstøget	2,94	400 mm klasse 37 i 10 % træ.	0,11	0,15 er lovkrav ved udskiftning af tag	16,4
Efterisolering af etageadskillelse mellem bolig og loftsrum	Lukket bjælkelag med lerindskud	1,50	300 mm klasse 37 i 10 % træ.	0,14		18,4
Efterisolering af etageadskillelse mellem bolig og loftsrum	Lukket bjælkelag med lerindskud	1,50	400 mm klasse 37 i 10 % træ.	0,11		18,9
Udskiftning af vinduer og altandøre.	Plastikkarm med luftfyldt termorude (g-værdi/LT-værdi)	2,80	2-lags termorude med energiglas	1,35 (0,63/0,80)	E-ref på -33 kWh/m ² /år er lovkrav ved udskiftning.	23,2
Udskiftning af vinduer og altandøre.		2,80	3-lags termorude med energiglas	0,78 (0,49/0,71)	E-ref på -33 kWh/m ² /år er lovkrav ved udskiftning.	29,4
Udvendig efterisolering af ydervæg mod gård og gade	Uisoleret massiv murstensvæg, 36 / 48 / 60 cm	1,21 / 0,96 / 0,79	200 mm mineraluld klasse 37.	0,17 / 0,16 / 0,16 (brystninger 0,18)	200 mm anses for at være maksimal tykkelse ift. dagslys.	41,1
Udvendig efterisolering af ydervæg mod gård.	Uisoleret massiv murstensvæg, 36 / 48 / 60 cm (brystninger 1½ sten)	1,21 / 0,96 / 0,79 (brystninger 2,10)	200 mm mineraluld klasse 37.	0,17 / 0,16 / 0,16 (brystninger 0,18)	200 mm anses for at være maksimal tykkelse ift. dagslys.	22,4
Indvendig efterisolering af brystninger mod gård og gade	1 stens uisoleret brystning. (24 cm)	2,10	100 mm mineraluld klasse 37.	0,32	Risiko for fugtrelaterede problemer.	9,3
Indvendig efterisolering af brystninger mod gård og gade	1 stens uisoleret brystning. (24 cm)	2,10	200 (/120) mm mineraluld klasse 37.	0,18 (0,27)	Risiko for fugtrelaterede problemer.	10,2
Isolering af etageadskillelse mod kælder på underside af kælderloft	Plankegulv på træbjælkelag med lerindskud.	1,5	200 mm klasse 37 med 10 % mursten	0,41		6,3
Udvendig isolering af kælderydervægge	60 cm massiv teglsten i jord 0-2 m under terræn.	0,69	125 mm terrænbatts klasse 38.	0,21	Rreduceret linjetab langs fundamenter.	3,1

Tabel 9 Varmesystem og varmt brugsvand.

Virkemiddel vedr. varmesystem og varmt brugsvand	Ekst. konstruktion	Varmetabskoefficient [W/mK]	Efterisolering	Varmetabskoefficient [W/mK]	Note	Reduktion af energibehov [kWh/m ²]
Isolering af varmfordelingsrør på loft	2" med 10 mm isolering	0,65	2" med 30 mm isolering	0,33	Evt. ændret rørdimension	1,2
Isolering af varmfordelingsrør på loft	2" med 10 mm isolering	0,65	2" med 100 mm isolering	0,16	Evt. ændret rørdimension	1,9
Isolering af varmt brugsvandsrør på loft	2" med 20 mm isolering	0,42	2" med 30 mm isolering	0,33	Evt. ændret rørdimension	0,1
Isolering af varmt brugsvandsrør på loft	2" med 20 mm isolering	0,42	2" med 100 mm isolering	0,16	Evt. ændret rørdimension	0,3

Tabel 10 Ventilation

Virkemiddel vedr. ventilation	Luftskifte [l/s m ²]	Infiltration [l/s m ²]	Varmegenvindings-effektivitet	Specifikt elforbrug til lufttransport [KJ/m ³]	Reduktion af energibehov [kWh/m ²]
Naturlig ventilation	0,3	Inkl. i naturligt luftskifte	0	0	0
Mekanisk udsugning	0,3	Inkl. i mekanisk udsugning.	0	0,8 (0,8)	-4,7
Mekanisk udsugning med behovsstyring	0,3 i 70 % af tiden = 0,21*	Inkl. i mekanisk udsugning.	0	0,8	3
Central bal. mek. (VAV)	0,3	0,13	0,85 (0,70)	1,9 (VAV: 2,1; CAV 1,8)	4,3
Decentral bal. mek.	0,3	0,13	0,90 (0,80)	0,9 (1,0)	11,8
Central bal. mek. med behovsstyring (VAV)	0,21*	0,13	0,85 (0,70)	1,9 (VAV: 2,1; CAV 1,8)	9,2
Decentral bal. mek. med behovsstyring (VAV)	0,21*	0,13	0,90 (0,80)	0,9 (1,0)	14,4
Central bal. mek. Særlig tæt klimaskærm (VAV)	0,3	0,1**	0,85 (0,70)	1,9 (VAV: 2,1; CAV 1,8)	8,0
Decentral bal. mek. Særlig tæt klimaskærm	0,3	0,1**	0,90 (0,70)	0,9 (1,0)	15,4

*Ved behovsstyret ventilation reduceres den gennemsnitlige ventilationsrate m. ca. 30 %. Det kræver dispensation at fravige lovkravet om en ventilationsrate på 0,3 l/s m².

**Ved balanceret ventilation må der påregnes en ex-/infiltration der afhænger af bygningens tæthed, kravet til lavenergibygninger er 1,0 l/s pr. m² ved trykprøvning på 50 Pa, svarende til (0,06*1,0+0,04) = 0,1 l/s pr. m² ved normale forhold.

Tabel 11 Energiforsyning

Virkemiddel vedr. energiforsyning	Ydelse [kWh/år]	Pris/kWh	[kWh/m ²]
Fjernvarme		0,497	
Solvarmeanlæg	170.663	0,672	11,5
Jordvarme – Vertikale slanger		Ikke aktuelt for AB Lyshøjgård	
Solceller	32.062,5	1,535 (0,618 vægtet)	2,15 (5,4 vægtet)

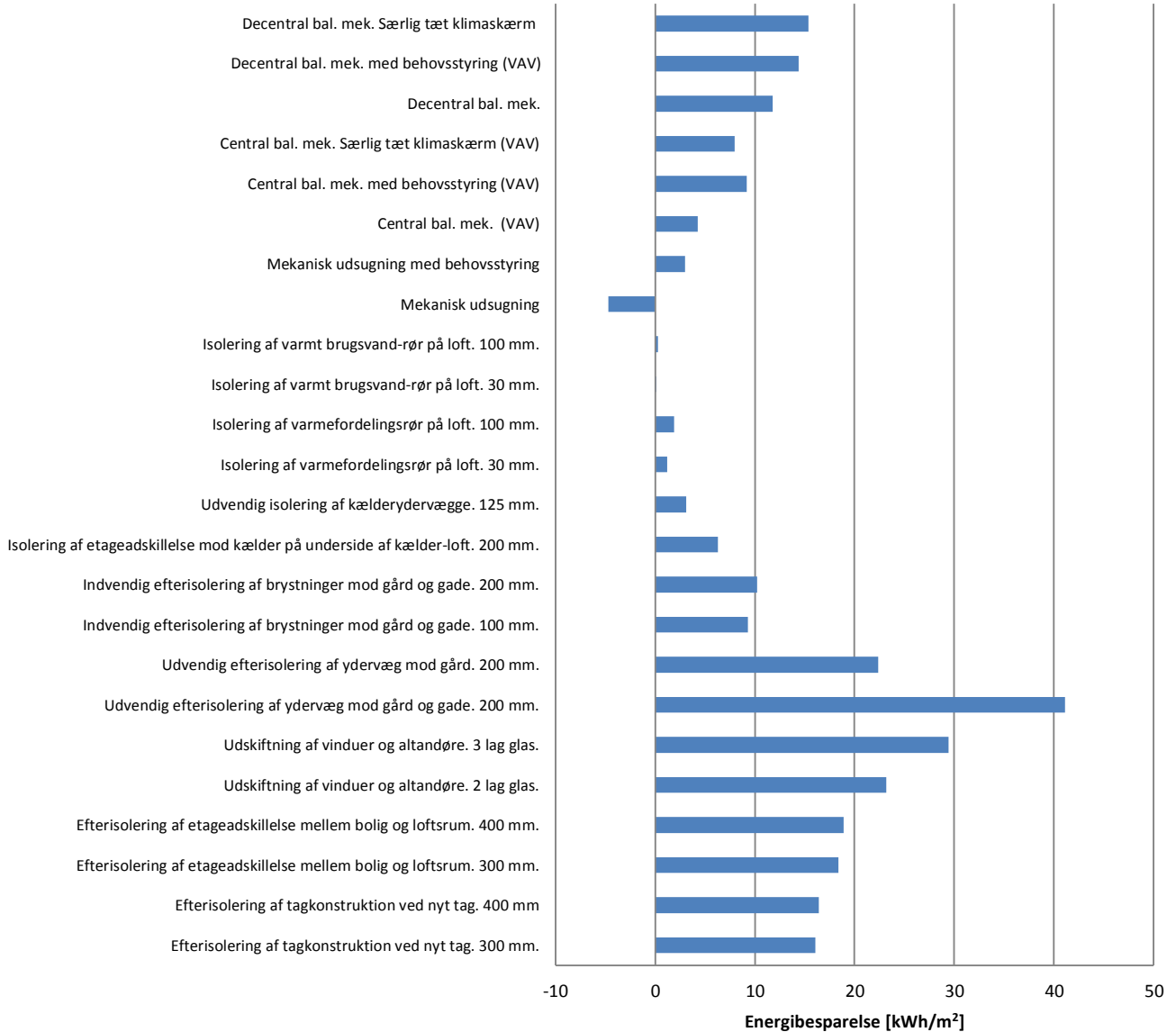
Tabel 12 Innovative tiltag.

Innovative virkemidler	Energibesparelse	Reduktion af energibehov [kWh/m ²]
Solskodder	Ca. 300 kWh pr. solskodde	Afhænger af orientering
Overdækning af gårdrum	2-lag U-værdi: 2,6 W/m ² K G-værdi: 0,81 LT-værdi: 0,81	Luftskifte i gårdrum [l/sm ²]: 0,36 11,3 % 18,4
Overdækning af gårdrum	3-lag U-værdi: 1,6 W/m ² K G-værdi: 0,73 LT-værdi: 0,73	Luftskifte i gårdrum [l/sm ²]: 0,36 13,6 % 22,1
Overdækning af gårdrum	4-lag U-værdi: 1,2 W/m ² K G-værdi: 0,656 LT-værdi: 0,66	Luftskifte i gårdrum [l/sm ²]: 0,36 14,8 % 24,0
Glasfacade / glasinddækning af altaner (+vinduer)		Afhænger af udformning

Sammenfatning - energirenoveringstiltag

De energibesparende virkemidlers potentiale er opstillet i nedenstående figur. Det bemærkes at mekanisk udsugning har en beregnet negativ besparelse idet luftskiftet sikres med mekanisk ventilation og dermed et afledt el-behov til følge.

Energibesparelspotentiale for virkemidler



Figur 30 Potentielle energibesparelser for de enkelte energirenoveringstiltag for AB Lyshøjgård.

Af ovenstående figur ses, at udvendig efterisolering, udskiftning af vinduer har det største potentiale for energibesparelser i etageejendommen.

5 Udvalgte koncepter

5.1 Heimdalsvej

For Heimdalsvej er der fokuseret på at udvikle et koncept, der imødekommer kravene til LavEnergiklasse 1 uden anvendelse af VE-tiltag. De enkelte energirenoveringstiltag i det endelige koncept er beskrevet nedenfor.

5.1.1 Klimaskærmen

Tagkonstruktion

Taget efterisoleres med 150 mm mineraluld klasse 37, hvorved der opnås en U-værdi på 0,1 W/m²K.

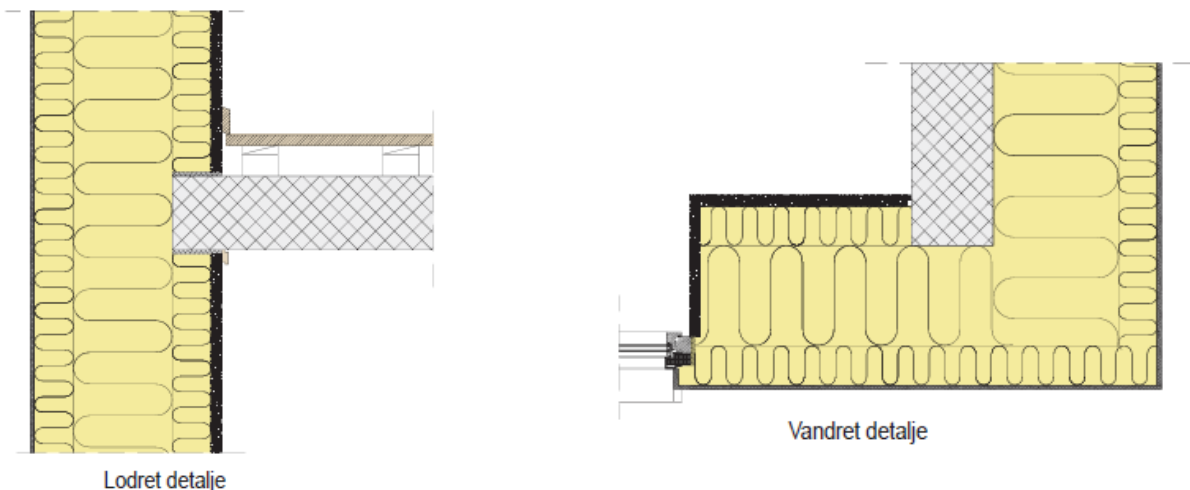
Ydervæg

Boligens lette facader udskiftes helt, og nye træskeletvægge opsættes. Skeletvæggene påmonteres yderst et ekstra lag isolering for at bryde eventuelle kuldebroer, og afsluttes med et pudslag på armeringsnet.

Ydervæggen får en samlet tykkelse på ca. 425 mm isolering, klasse 37, med 10 % træ, hvilket giver en U-værdi på 0,11 W/m²K.

Ventilationskanaler for afkastluften fra de decentrale ventilationsanlæg føres i ydervæggen. For denne del af klimaskærmen regnes med en U-værdi på 0,2 W/m²K.

Stueetagens facader og blokkenes gavle er af beton. Disse bevares men isoleres udvendigt med 280 mm bestående af en træskeletvæg med 10 % træ samt et lag afsluttende isolering yderst. Herved opnås en U-værdi på 0,15 W/m²K. Detaljer af efterisoleringen kan ses på Figur .



Figur 31 Lodret og vandret detalje af efterisolering af facader og gavle.

Renovering af ydervæggen giver et bedre indeklima samt store energibesparelser og afhjælper samtidig problemer med skimmelsvamp.

Skillevægge mod uopvarmede rum

Skillevægge mod uopvarmede trappeopgange og fællesrum i stueetagen består af 150 mm beton, der efterisoleres udvendigt med 75 mm isolering svarende til en U-værdi på 0,44 W/m²K.

Karnapper

Karnapper opbygges som en let konstruktion på 375 mm, isolering klasse 34, med 10 % træ. Karnappen beklædes med zink. U-værdien for ydervægskonstruktionen i karnapper er 0,11 W/m²K.

Etagedæk

I stedet for den åbne gennemgang i stueetagen lukkes facaden, hvorved der dannes afgrænsede rum til fælles brug. Disse forventes at være uopvarmede, men klimaskærmen isoleres som i den resterende del af

bygningen, hvorved der opnås en tilfredsstillende opholdstemperatur. Dette betyder, at etagedæk på 1. sal, der før vendte mod det fri, nu vender mod uopvarmede fællesrum.

Dæk mod uopvarmede fællesrum

Der lægges 75 mm isolering, klasse 34, mellem strøer under gulv (isoleringen udgør 90 % af materialelaget), hvorved dækket opnår en U-værdi på 0,46 W/m²K.

Dæk mod uopvarmet krybekælder

Der lægges 75 mm isolering klasse 34 mellem strøer under gulv (isoleringen udgør 90 % af materialelaget), hvorved dækket opnår en U-værdi på 0,47 W/m²K.

Terrændæk ved karnap

Ved karnapper anlægges nyt terrændæk. Dette udføres med 375 mm polystyren og trægulv, hvorved der opnås en U-værdi på 0,10 W/m²K.

Vinduer

Vinduer i klimaskærmen udskiftes, mens vinduer der afgrænser stuen fra den velisolerede karnap bevares eller fjernes helt. Energiruder i karnappen er skydepartier, der giver mulighed for stor oplukkelighed. De eksisterende vinduer og døre udskiftes med 3-lags krypton energiruder. Vinduer opnår herved en U-værdi på 0,9 W/m²K og døre en U-værdi på 1,8 W/m²K. Glasset har en g-værdi på 0,6. Da karmene har større varmetransmission end ruderne, indbygges disse i den nye isolering, hvor dette er muligt. Dette betyder også, at linjetabet ved vinduer reduceres til under 0,03 W/mK. Mod syd indbygges vinduesplader med en U-værdi på 0,39 W/m²K.

Isolering af kælderydervægge

Der udføres fundamentsisolering ned til 250 mm dybde. Tabet ved fundamentet reduceres herved til 0,39 W/mK ved bygningsfundament mod både opvarmede og uopvarmede rum og 0,29 W/mK for fundament ved karnapper. Fundamenter ved uopvarmede rum medregnes med b-faktor 0,5.

Et tværsnit gennem den nye velisolerede klimaskærm er vist på Figur .



Figur 32 Tværsnit gennem den nye velisolerede klimaskærm.

5.1.2 Forbedring af ventilation

Ventilation med varmegenvinding

Der etableres mekanisk behovstyret ventilation med varmegenvinding. Ventilationen sker gennem decentrale aggregater, der placeres i hver enkelt lejlighed. Friskluftsindtag føres under loft fra facaden og til installationsskab. Afkast sker over tag via fælles lodret kanal. Indblæsningskanaler føres til opholdsrum over nedhængt loft i gang og afsluttes med væglacerede indblæsningskanaler. Ventilationsaggregater er af typen Eco-vent og har en varmegenvindingsgrad på 0,91 og en SEL-værdi på $0,97 \text{ kJ/m}^3$. Ventilationen behovsstyres efter fugt i lejligheden og er i beregningerne antaget at have en gennemsnitlig ventilationsmængde på $0,3 \text{ l/s m}^2$ i hele brugstiden.

Tætning af ydervægge.

Klimaskærmens udføres med en tæthed svarende til BR10 krav om en beregnet infiltration på $0,1 \text{ l/s m}^2$.

5.1.3 Varmesystem og varmt brugsvand

Varmecentral

Den eksisterende varmeinstallation bibeholdes, men der opsættes radiatormålere for hver enkel bolig. Grundet den geometriske udformning af facader er det nødvendigt at opsætte en ny radiator pr. bolig. Denne vil blive forsynet fra eksisterende installation, der løber i gulv.

For at nedsætte energiregningen og for at benytte de eksisterende rør og radiatorer på trods af det reducerede energibehov, installeres en ny varmeunit, der udnytter varmen fra returjernvarmerør. Ved at udnytte

denne varme opnås en lavere varmepris. Returvarmen kan udnyttes ved at reducere temperatursættet fra 90/70 til 55/35, hvilket er tilstrækkeligt til at dække varmebehovet via de store eksisterende radiatorer.

Note med information og analyse af den nye varmeunit er vedlagt rapporten (Bilag 3).

Varmt brugsvand

Der etableres en komplet ny brugsvandinstallation med nye hovedføringer i terræn, kælder og skakte. Ligeledes udføres nye fordelingsledninger og koblingsledninger frem til de enkelte tapsteder. For alle boliger påsættes forbrugsmålere på det kolde og det varme vand. Hver boligblok forsynes fortsat med varmt brugsvand fra en central brugsvandsbeholder på 3.000 L. Varmtvandsbeholderen opvarmes via gennemstrømning af returvand fra varmesystemet samt fremløbs fjernvarme. Derved opnås en bedre afkøling af returvandet til fjernvarme, ligesom gennemstrømningsopvarmningen minimerer risikoen for legionella i brugsvandet, da det varme vand herved ikke står i tanken over lange perioder. Beholderen har et varmetab på 2,88 W/K og er forsynet med en ladekredspumpe med en effekt på 50 W. Til anlægget er knyttet en cirkulationspumpe med en effekt på 150 W. Den samlede rør længde til cirkulation af varmt brugsvand er 300 m med et gennemsnitligt varmetab på 0,42 W/mK.

5.1.4 Uopvarmede rum

Stueetagen lukkes af med en ny facade, og der monteres glasdøre til gennemgang på begge sider af huset. Mellem gennemgangene opstår der nye disponible lokaler beskyttet mod vind og vejr. Uopvarmede rum efterisoleres som den resterende bygningsmasse. Lokalerne tænkes ikke opvarmet, da dette på grund af facadens gode isoleringsevne og tæthed er vurderet ikke at være nødvendigt i langt de fleste af årets måneder. Rummene kan for eksempel benyttes til familiefester, bordtennis, fitness eller legerum.

5.1.5 Solafskærmning

For at undgå overophedning som følge af solindfald gennem de store vinduespartier monteres manuelt betjent udvendig solafskærmning. Solafskærmningen består af lodrette solskærme, der kan trækkes for vinduerne eller placeres bag en udvendig skodde. Disse har en solafskærmningsfaktor på 0,5. Det forventes ligeledes, at der i boligerne er indvendige gardiner med afskærmningsfaktor 0,8.

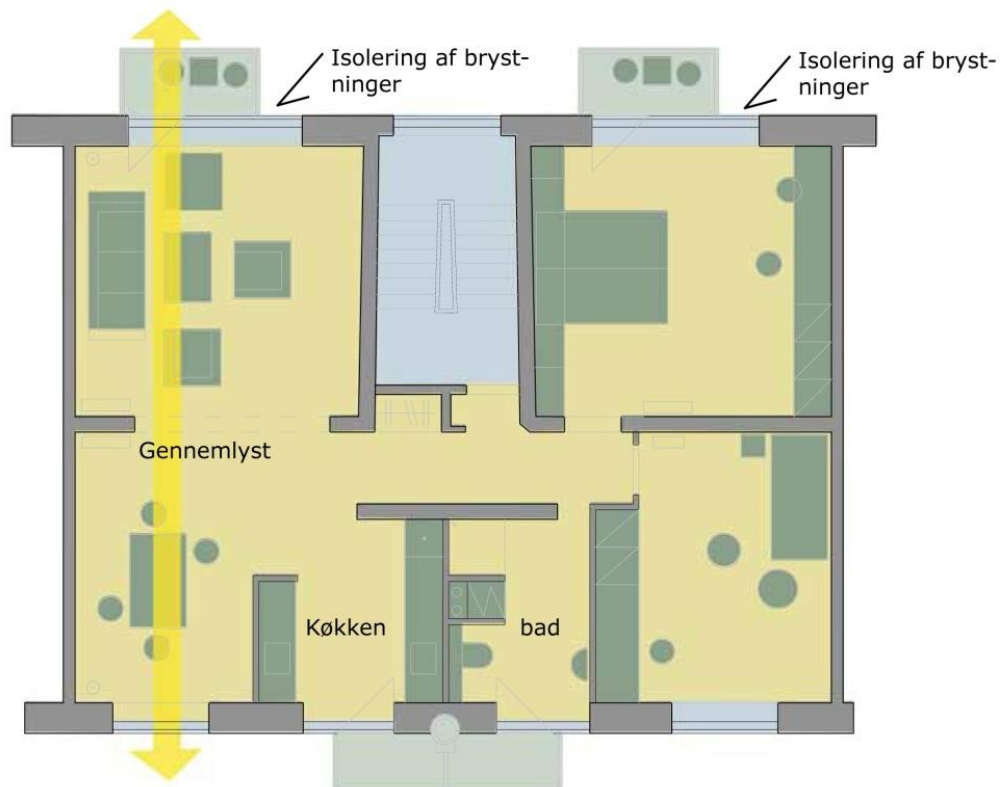
5.2 AB Lyshøjgård

Energirenoveringsscenarier

I det følgende er vist resultaterne fra analyser af 5 nøglescenarier ud af de energirenoveringsscenarier, der er undersøgt for AB Lyshøjgaard. Alle scenarierne sammenlignes sidst i afsnittet.

5.2.2 Scenarie 1A (målgruppe: A/B Lyshøjgård)

5.2.2.1 Særlige virkemidler



Figur 33 Scenarie 1A Eksempel på hvordan man kan opnå en gennemlyst lejlighed i de tilfælde hvor to lejligheder er lagt sammen.

Hele gårdrummet glasoverdækkes med 3 lags Vector foiltec. Overdækningen har en U-værdi på $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, og en g-værdi på $0,73$, og det forventes, at der opnås en høj glasandel på $0,9$. Vinduer ud mod gården påvirkes af overdækningen, og deres værdier for soltransmittans og glasandel er beregningsmæssigt reduceret med faktorer svarende til overdækningens værdier. Overdækningen vil kunne give anledning til en del overtemperaturer i bygningen, som følge af solvarmetilskud om sommeren. Dette kan undgås ved at give mulighed for øget naturlig ventilation. Det forventes, at ventilationen fra gårdrummet er $0,6 \text{ l/s m}^2$.

Glasoverdækningen giver anledning til et reduceret varmetab fra den del af klimaskærmen, der vender mod gården, da det uopvarmede gårdrum som oftest vil være varmere end udeluften og samtidig skærme bygningsfacaderne mod vind.

5.2.2.2 Klimaskærm

Indvendig efterisolering af brystninger mod gade

Brystninger mod gaden efterisoleres indvendigt med mellem 120 mm og 200 mm mineraluld klasse 37, afhængig af tykkelsen af ydervæggen. Dette forbedrer U-værdien til henholdsvis 0,27 W/m² K og 0,18 W/m² K. Brystninger mod gården isoleres ikke, da varmetabet gennem denne facade mindskes i forbindelse med overdækning af gårdrummet.

Nyt efterisoleret tag

Etageboligens tag er gammelt og trænger til udskiftning. I forbindelse med udskiftningen efterisoleres taget til kip med 300 mm mineraluld klasse 37, hvorved U-værdien mindskes til 0,14 W/m² K. I forbindelse med efterisoleringen tætnes taget, så ventilationen mindskes til 0,3 l/s m², og varmetabet herved reduceres. Efterisoleringen bevirker desuden et reduceret varmetab fra varmerør og brugsvandsrør, der er ført på loftet.

Efterisolering af kælderdek

Etagedækket mellem stueejlighed og kælder efterisoleres med 200 mm isolering klasse 37, udført som granulat i etageadskillelsens hulrum og isoleringsbatts på underside af kælderloft. Dette reducerer U-værdien til 0,47 W/m²K og mindsker varmetabet gennem dækket, ligesom risikoen for gener i stueetagen som følge af et koldt stuegulv reduceres.

5.2.2.3 Ventilation

Behovsstyret mekanisk udsugning

Der installeres behovsstyret mekanisk udsugning i bygningen, for at sikre at fugt fjernes fra bad og køkken. . Behovsstyring medfører, at ventilationsanlægget kun er i brug 70 % af tiden. Udenfor brugstiden forventes en mindsket infiltration på 0,1 l/s m², som følge af glasoverdækningen af gården.

Friskluftsventiler

Der etableres friskluftsventiler i ydervæg mod gård, hvilket giver mulighed for at udnytte forvarmet luft fra gårdrummet på solskinsdage. Varmetilskud fra ventilerne medregnes ikke i bygningens energiforbrug, men de forventes at kunne reducere varmetab i forbindelse med den mekaniske udsugning og derudover bidrage til et forbedret indeklima.

5.2.2.4 Andre tiltag

Vandopsamling

Der etableres faskine i gården og vandopsamling på hele matriklen. Tiltaget udløser støtte og vil reducere gener fra vandophobning i kælder etc. ved større regnskyl.

Centralt skraldesug

Der etableres centralt skraldesug fra gården. Dette kan bidrage til at mindske lugtgener fra affald i det overdækkede gårdrum på varme solskinsdage.

Energibehovet ved Scenarie 1A er **86,6 kWh/m²**.

5.2.3 Scenarie 1B

5.2.3.1 Særlige virkemidler



Figur 34 Skitse af glasoverdækning af gårdrum.

Glasoverdækning af gårdrum

Hele gårdrummet glasoverdækkes med 3 lags Vector foiltec. Overdækningen har en U-værdi på $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, og en g-værdi på $0,73$, og det forventes at der opnås en høj glasandel på $0,9$. Vinduer ud mod gården påvirkes af overdækningen, og deres værdier for soltransmittans og glasandel er beregningsmæssigt reduceret med faktorer svarende til overdækningens værdier. Overdækningen vil kunne give anledning til en del overtemperaturer i bygningen, som følge af solvarmetilskud om sommeren. Dette kan undgås ved at give mulighed for øget naturlig ventilation. Det forventes, at gårdrummet ventileres med $0,6 \text{ l/s m}^2$.

Glasoverdækningen giver anledning til et reduceret varmetab fra den del af klimaskærmen, der vender mod gården, da det uopvarmede gårdrum som oftest vil være varmere end udeluften og samtidig skærme bygningsfacaderne mod vind.

5.2.3.2 Klimaskærm

Udvendig efterisolering af facade mod gaden

Facader mod gaden efterisoleres udvendigt med 200 mm mineraluld klasse 37. Dette reducerer U-værdien til $0,16$ eller $0,17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, alt efter den eksisterende murtykkelse. Brystninger mod gaden opnår ved efterisoleringen en U-værdi på $0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Den udvendige efterisolering omfatter også trappeopgangen og den øverste del af kælderen. Facaden mod gården isoleres ikke, da varmetabet gennem denne facade mindskes i forbindelse med overdækning af gårdrummet.

Nye vinduer mod gaden

Alle vinduer og altandøre på gadesiden skiftes til 3-lags energiruder med U-værdi på $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ og en g-værdi på $0,49$. Nye vinduer føres ud i den udvendige efterisolering, hvorved der kan ses bort fra linjetab fra samling mellem vindue og facade. Vinduer mod gården, i kælder og i den uopvarmede trappeopgang skiftes ikke, da dette ikke giver anledning til nær så store energibesparelser.

Indvendig efterisolering af brystninger mod gård

Brystninger mod gård efterisoleres indvendigt med 120 eller 200 mm mineraluld klasse 37, alt efter tykkelsen af ydervæggen. Dette forbedrer U-værdien til henholdsvis $0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ og $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nyt efterisoleret tag

Bygningens tag er gammelt og trænger til udskiftning. I forbindelse med udskiftningen efterisoleres taget til kip med 300 mm mineraluld klasse 37, hvorved U-værdien reduceres til $0,14 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. I forbindelse med efterisoleringen tættes taget, så ventilationen reduceres til $0,3 \text{ l/s m}^2$, og varmetabet herved reduceres. Efterisoleringen bevirker desuden et reduceret varmetab fra varmerør og brugsvandsrør, der er ført på loftet.

Efterisolering af kælderdek

Etagedækket mellem stueejlighed og kælder efterisoleres med 200 mm isolering klasse 37, udført som granulat i etageadskillelsens hulrum og isoleringsbatts på underside af kælderloft. Dette reducerer U-værdien til $0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ og mindsker varmetabet gennem dækket, ligesom risikoen for gener i stueetagen som følge af et koldt stuegulv reduceres.

5.2.3.3 Ventilation

Behovsstyret mekanisk ventilation med varmegenvinding

Der etableres mekanisk behovsstyret ventilation med varmegenvinding. Dette kræver, at der installeres ventilationskanaler i lejligheder til indblæsning af luft i opholdsrum. Ventilationsaggregatet placeres centralt og har SEL-værdi på $1,9 \text{ kJ/m}^3$ og en varmegenvindingsgrad på 0,85. Gennem behovsstyring reduceres anlæggets driftstid til 70 % af brugstiden. Det forventes, at etageboligen tættes i forbindelse med renoveringen, så der kan opnås en mindsket infiltration på $0,1 \text{ l/s m}^2$.

5.2.3.4 Andre tiltag

Vandopsamling

Der etableres faskine i gården og vandopsamling på hele matriklen. Tiltaget udløser støtte og vil reducere gener fra vandophobning i kælder etc. ved større regnskyl.

Centralt skraldesug

Der etableres centralt skraldesug fra gården. Dette kan bidrage til at mindske lugtgener fra affald i det overdækkede gådrum på varme solskinsdage.

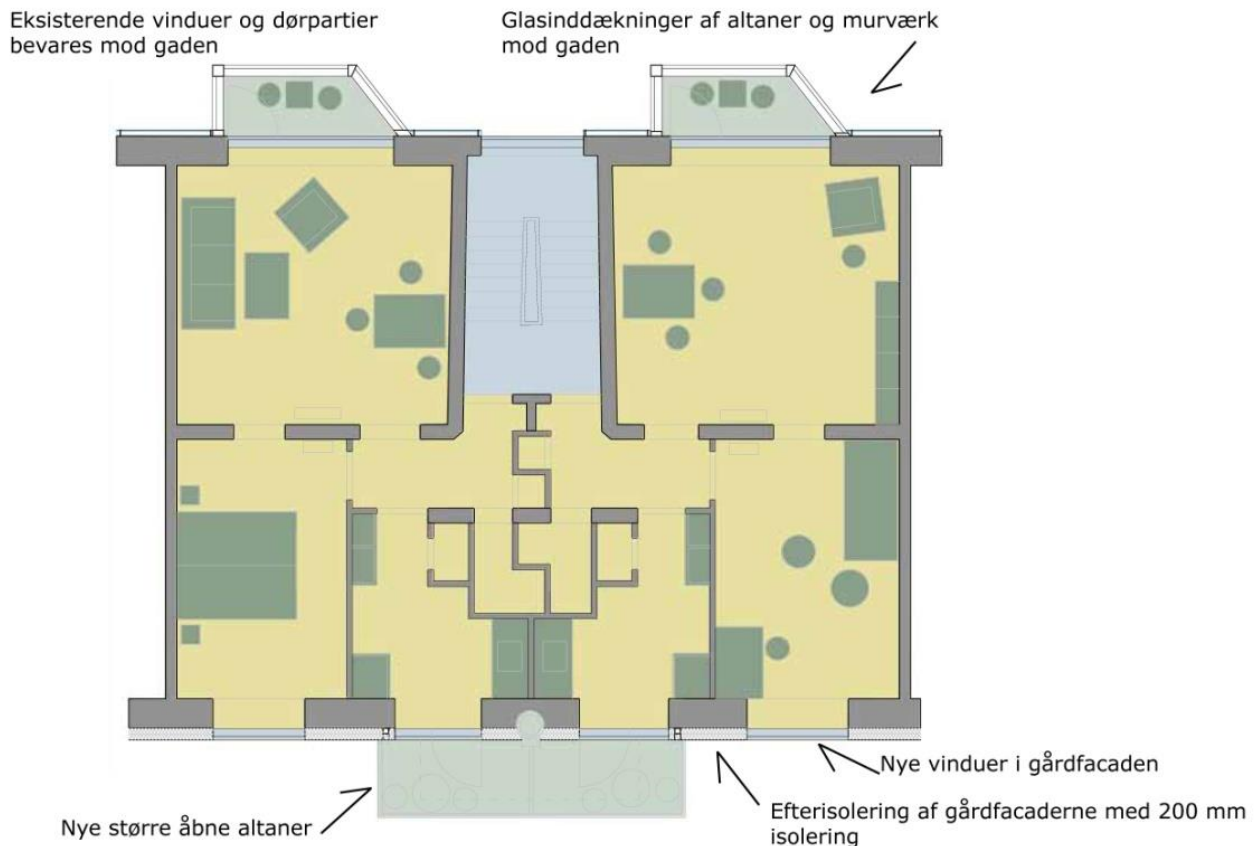
Solceller

Der placeres 410 m^2 solceller på sydvendte tagflader til at forsyne foreningen med el til fællesvaskeri og belysning af fællesområder, som trappeopgange. Tilskud fra solcellerne er ikke medregnet i etageboligens energiberegning.

Energibehovet ved Scenarie 1B er **43,2 kWh/m²**.

5.2.4 Scenarie 2A

5.2.4.1 Særlige virkemidler



Figur 35 Plantegning af scenarie 2A

Glasinddækning af facade mod gaden

Facaden mod gaden inddækkes af glas, placeret i en afstand fra facaden svarende til altandybden. Glasset dækker facaden fra undersiden af taget til under 1.sal, så den ikke vil genere fodgængere i stueetagehøjde. Trappeopgangen glasinddækkes også. Det forventes, at glasset har en U-værdi på $2,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, en g-værdi på $0,81$ og en glasandel på 90% . Det glasinddækkede rum forventes at kunne ventileres med $0,6 \text{ l/s m}^2$.

Glasinddækningen giver anledning til reduceret transmissionstab fra klimaskærmen mod det glasinddækkede rum, der beskytter facaden mod vind og som oftest har en højere temperatur end udeluften.

Solvarmebidrag og glasandel for vinduer og altandøre bag glasinddækningen reduceres ved etablering af en glasinddækning, hvorfor værdier for soltransmittans og glasandel beregningsmæssigt er reduceret med faktorer svarende til glasinddækningens indflydelse herpå.

5.2.4.2 Klimaskærm

Udvendig efterisolering af facade mod gården

Facader mod gården efterisoleres udvendigt med 200 mm mineraluld klasse 37. Dette reducerer U-værdien til $0,17$ eller $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, alt efter den eksisterende murtykkelse. U-værdien for brystninger mod gården reduceres i forbindelse med efterisoleringen til $0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Den udvendige efterisolering omfatter også den øverste del af kælderens. Facaden mod gaden isoleres ikke, da varmetabet gennem denne mindskes i forbindelse med glasinddækningen.

Nye vinduer mod gården

Alle vinduer og altandøre på gårdsiden skiftes til 2-lags energiruder med U-værdi på $1,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ og en g-værdi på 0,63. Nye vinduer føres ud i den udvendige efterisolering, hvorved der kan ses bort fra linjetab fra samling mellem vindue og facade. Vinduer mod gaden, i kælder og i den uopvarmede trappeopgang skiftes ikke, da dette ikke giver anledning til nær så store energibesparelser. Der er mulighed for at vælge 3-lags energiglas i stedet, hvilket giver en lavere U-værdi, men også medfører en u hensigtsmæssig stor merudgift.

Nyt efterisoleret tag

Bygningens tag er gammelt og trænger til udskiftning. I forbindelse med udskiftningen efterisoleres taget til kip med 300 mm mineraluld klasse 37, hvorved U-værdien reduceres til $0,14 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. I forbindelse med efterisoleringen tættes taget, så ventilationen reduceres til $0,3 \text{ l/s m}^2$, og varmetabet herved reduceres. Efterisoleringen bevirker desuden et reduceret varmetab fra varmerør og brugsvandsrør, der er ført på loftet.

Efterisolering af kælderdek

Etagedækket mellem stuelejlighed og kælder efterisoleres med 200 mm isolering klasse 37, udført som granulat i etageadskillelsens hulrum og isoleringsbatts på underside af kælderloft. Dette reducerer U-værdien til $0,47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ og mindsker dermed varmetabet gennem dækket, ligesom risikoen for gener i stueetagen som følge af et koldt stuegulv reduceres.

5.2.4.3 Ventilation

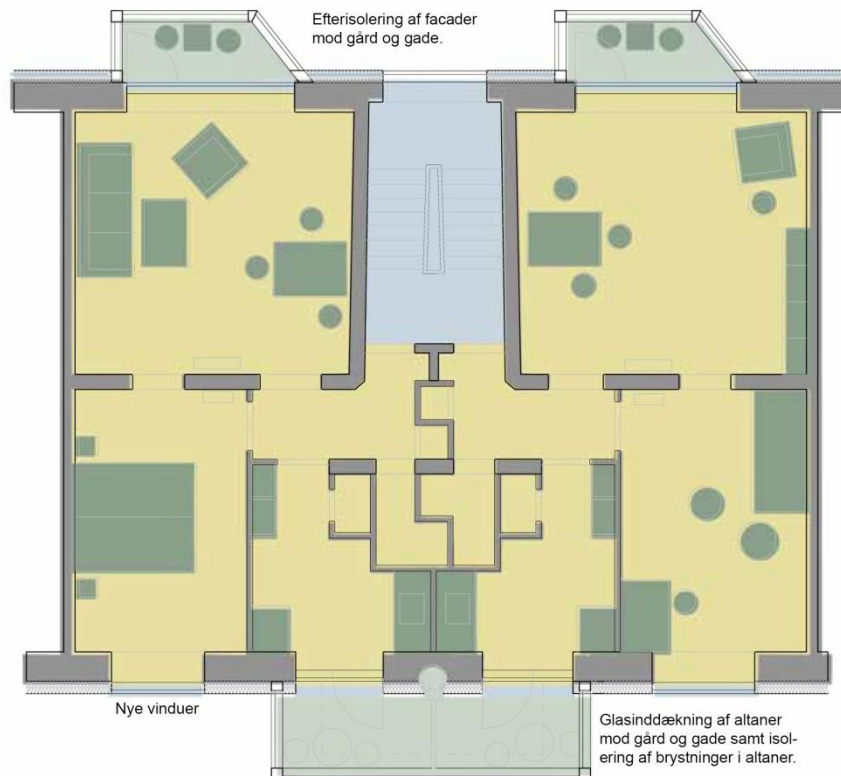
Behovsstyret mekanisk ventilation med varmegenvinding

Der etableres mekanisk behovsstyret ventilation med varmegenvinding. Dette kræver, at der installeres ventilationskanaler i lejligheder til indblæsning af luft i opholdsrum. Ventilationsaggregatet placeres centralt og har SEL-værdi på $1,9 \text{ kJ/m}^3$, og en varmegenvindingsgrad på 0,85. Gennem behovsstyring reduceres anlæggets driftstid til 70 % af brugstiden. Det forventes, at etageboligen tættes i forbindelse med renoveringen, så der kan opnås en mindsket infiltration på $0,1 \text{ l/s m}^2$.

Energibehovet ved Scenarie 2A er **67,3 kWh/m²**.

5.2.5 Scenarie 3A

5.2.5.1 Særlige virkemidler



Figur 36 Glasinddækkede altaner.

Glasinddækning af altaner mod gård og gade

Altaner mod gård og gade glasinddækkes. Glasset placeres i en afstand fra facaden svarende til altandybden, og strækker sig fra undersiden af taget til undersiden af altanerne i 1. sals højde. Glasinddækningen dækker altaner og vinduer i forbindelse med altandøre. Det forventes, at glasset har en U-værdi på $2,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, en g-værdi på $0,81$ og en glasandel på 90% . Det glasinddækkede rum forventes at kunne ventileres med $0,6 \text{ l/s m}^2$.

Glasinddækningen giver anledning til reduceret transmissionstab fra den del af klimaskærmen, der tilstøder det glasinddækkede rum, som beskytter facaden mod vind og oftest har en højere temperatur end udeluft.

Solvarmebidrag og glasandel for vinduer og altandøre bag glasinddækningen reduceres ved etablering af en glasinddækning, hvorfor værdier for soltransmittans og glasandel beregningsmæssigt er reduceret med faktorer svarende til glasinddækningens indflydelse herpå.

5.2.5.2 Klimaskærm

Udvendig efterisolering af facade

Facader mod gård og gade, som ikke er glasinddækket, efterisoleres udvendigt med 200 mm mineraluld klasse 37. Dette reducerer U-værdien til $0,17$ eller $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, alt efter den eksisterende murtykkelse. U-værdien for brystninger udenfor glasinddækningen reduceres i forbindelse med efterisoleringen til $0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Den udvendige efterisolering omfatter også trappeopgangen og den øverste del af kælderen.

Indvendig efterisolering af brystninger ved altaner

Brystninger bag glasinddækning isoleres indvendigt med 120 eller 200 mm mineraluld klasse 37, alt efter den varierende tykkelse af ydervæggen. Isoleringen reducerer U-værdien til henholdsvis 0,27 W/m²K og 0,18 W/m² K.

Nye vinduer

Alle vinduer, der ikke er glasinddækket skiftes til 2-lags energiruder med U-værdi på 1,35 W/m² K og g-værdi på 0,63. Nye vinduer føres ud i den udvendige efterisolering, hvorfor der kan ses bort fra linjetab fra samling mellem vindue og facade. Vinduer i den uopvarmede trappeopgang skiftes også, mens de eksisterende kældervinduer, og eksisterende vinduer og døre ved altaner bevares, da udskiftning af disse ikke giver anledning til nær så store energibesparelser. Der er mulighed for at udskifte til 3-lags energiglas i stedet for 2-lags, hvilket giver en lavere U-værdi, men også medfører en uhensigtsmæssig stor merudgift.

Nyt efterisoleret tag

Bygningens tag er gammelt og trænger til udskiftning. I forbindelse med udskiftningen efterisoleres taget til kip med 300 mm mineraluld klasse 37, hvorved U-værdien reduceres til 0,14 W/m² K. I forbindelse med efterisoleringen tætnes taget, så ventilationen reduceres til 0,3 l/s m², og varmetabet herved reduceres. Efterisoleringen bevirker desuden et reduceret varmetab fra varmerør og brugsvandsrør, der er ført på loftet.

Efterisolering af kælderdek

Etagedækket mellem stueejlighed og kælder efterisoleres med 200 mm isolering klasse 37, udført som granulat i etageadskillelsens hulrum og isoleringsbatts på underside af kælderloft. Dette reducerer U-værdien til 0,47 W/m²K og mindsker dermed varmetabet gennem dækket, ligesom risikoen for gener i stueetagen som følge af et koldt stuegulv reduceres.

5.2.5.3 Ventilation

Behovsstyret mekanisk udsugning

Der installeres behovsstyret mekanisk udsugning i bygningen for at sikre, at fugt fjernes fra bad og køkken. Behovsstyring medfører at ventilationsanlægget kun er i brug 70 % af tiden. Udenfor brugstiden forventes en mindsket infiltration på 0,1 l/s m², som følge af renoveringen.

Friskluftsventiler

Der etableres friskluftsventiler i ydervæg mod gård, hvilket giver mulighed for at udnytte forvarmet luft fra gårdrummet på solskinsdage. Varmetilskud fra ventilerne medregnes ikke i bygningens energiforbrug, men de forventes at kunne reducere varmetabet fra den mekaniske udsugning og derudover at bidrage til et forbedret indeklima.

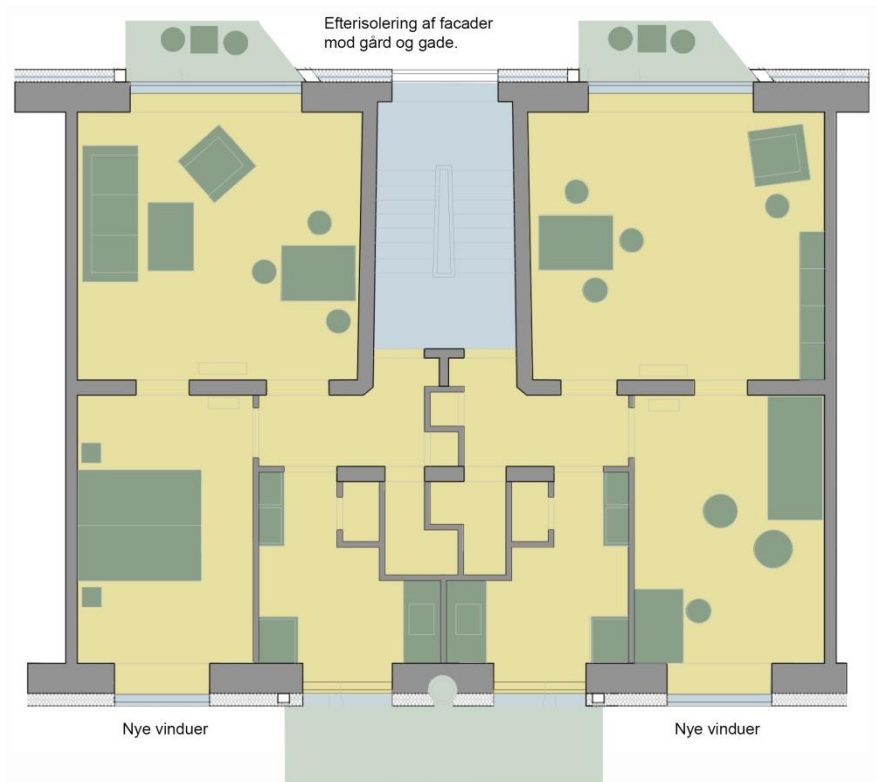
Andre tiltag

Facaderne mellem de glasinddækkede altaner begrønnes med planter. Begrønningen giver ikke anledning til mærkbare energibesparelser.

Energibehovet ved Scenarie 3A er **68,8 kWh/m²**.

5.2.6 Scenarie 4B

5.2.6.1 Klimaskærm



Figur 37 Udvendig efterisolering.

Udvendig efterisolering af facade mod gade og gård

Facader mod gade og gård efterisoleres udvendigt med 200 mm mineraluld klasse 37. Dette reducerer U-værdien til 0,17 eller 0,16 W/m² K, alt efter den eksisterende murtykkelse. Brystninger opnår ved efterisoleringen en U-værdi på 0,18 W/m² K. Den udvendige efterisolering omfatter også trappeopgangen og den øverste del af kælderen.

Nye vinduer mod gade og gård

Alle vinduer og altandøre mod gade og gård skiftes til 3-lags energiruder med U-værdi på 0,78 W/m² K og en g-værdi på 0,49. Nye vinduer føres ud i den udvendige efterisolering, hvorved der kan ses bort fra linjetab fra samling mellem vindue og facade. Vinduer og døre i trappeopgang skiftes ligeledes, mens de eksisterende kældervinduer beholdes.

Nyt efterisoleret tag

Bygningens tag er gammelt og trænger til udskiftning. I forbindelse med udskiftningen efterisoleres taget til kip med 300 mm mineraluld klasse 37, hvorved U-værdien reduceres til 0,14 W/m² K. I forbindelse med efterisoleringen tætnes taget, så ventilationen reduceres til 0,3 l/s m², og varmetabet herfra reduceres. Efterisoleringen bevirker desuden et reduceret varmetab fra varmerør og brugsvandsrør, der er ført på loftet.

Efterisolering af kælderdek

Etagedækket mellem stueejlighed og kælder efterisoleres med 200 mm isolering klasse 37, udført som granulat i etageadskillelsens hulrum og isoleringsbatts på underside af kælderloft. Dette reducerer U-værdien til 0,47 W/m² K og mindsker dermed varmetabet gennem dækket, ligesom risikoen for gener i stueetagen som følge af et koldt stuegulv reduceres.

5.2.6.2 Ventilation

Behovsstyret mekanisk ventilation med varmegenvinding

Der etableres mekanisk behovsstyret ventilation med varmegenvinding. Dette kræver, at der installeres ventilationskanaler i lejligheder til indblæsning af luft i opholdsrum. Ventilationsaggregatet placeres centralt og har SEL-værdi på $1,9 \text{ kJ/m}^3$, og en varmegenvindingsgrad på 0,85. Gennem behovsstyring reduceres anlæggets driftstid til 70 % af brugstiden. Det forventes, at etageboligen tættes i forbindelse med renoveringen, så der kan opnås en mindsket infiltration på $0,1 \text{ l/s m}^2$.

5.2.6.3 Solceller

Der placeres 410 m^2 solceller på sydvendte tagflader, til at forsyne foreningen med el til fællesvaskeri og belysning af fællesområder, som trappeopgange. Tilskud fra solcellerne er ikke medregnet i etageboligens energiberegning. Ved en gennemsnitlig ydelse på 120 kWh/m^2 vil solcellernes tilskud til energirammen bidrage med følgende:

$(120 \text{ kWh/m}^2 \times 410 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ (faktor på el i energiramme)}) / 14.894 \text{ m}^2 = 8,26 \text{ kWh/m}^2$ opvarmet etageareal.

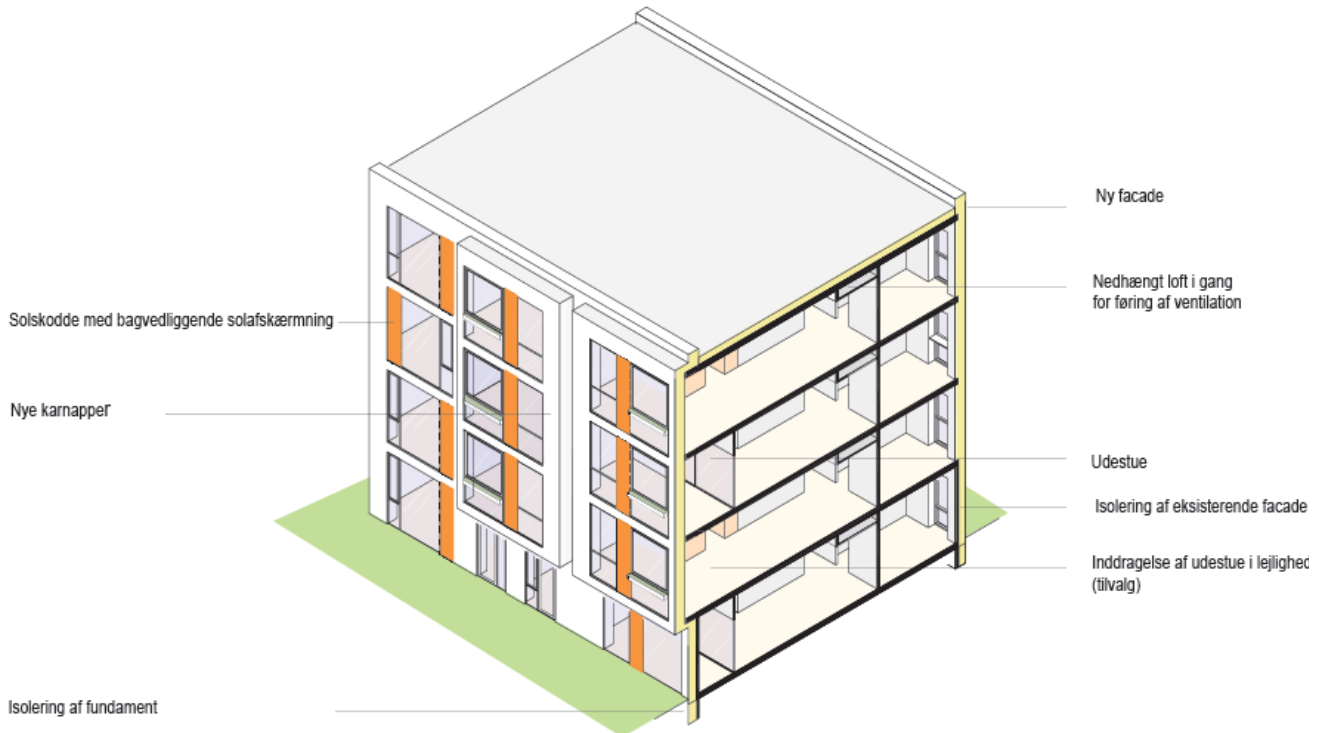
Energibehovet ved Scenarie 4B er **46,6 kWh/m²**. ekskl. bidrag fra solceller

5.3 Forventede energibesparelser

Energirenoeringen af Heimdalsvej og AB Lyshøjgård har ikke kun skabt energirelaterede resultater, men også en markant forbedring af indeklima og bygningernes tilstand og arkitektoniske kvaliteter.

5.3.1 Energibesparelser for energirenoering af Heimdalsvej

Energirenoeringen har givet mulighed for at tilføje bygningerne på Heimdalsvej en forbedret klimaskærm samt nye faciliteter i form af bl.a. udestuer eller karnapper. På Figur ses nogle af bygningens forbedringer.



Figur 38. Illustration som viser forbedringer af boligblok på Heimdalsvej.

Ved energirenoeringen er der ligeledes mulighed for at tilføje boligblokkene en ny og tidssvarende arkitektur med hvide pudsede facader og store vinduespartier. Figur viser byggeriet efter renoeringen.

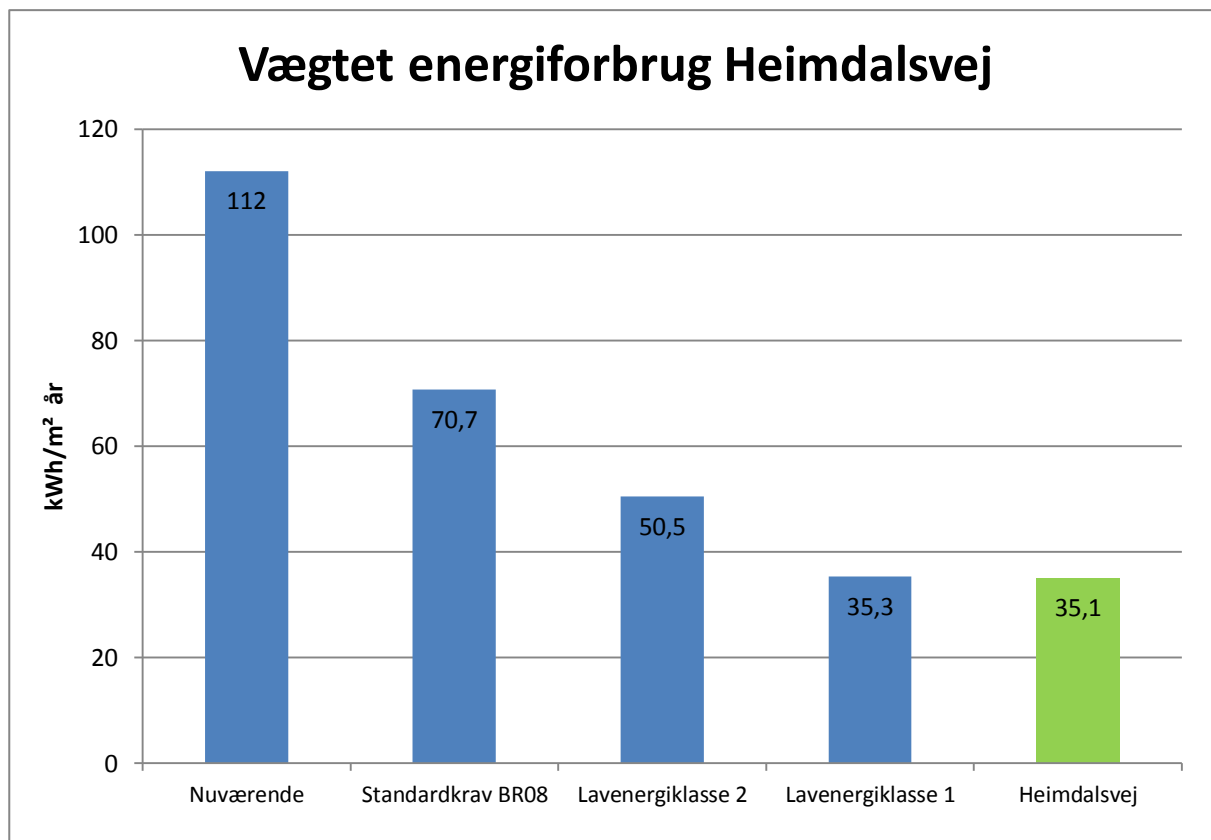


Figur 39 Nye facader på Heimdalsvej.

Ved energirenoveringen udskiftes gamle konstruktioner med fugt og skimmelforekomster. Samtidig efterisoleres bygningens klimaskærm, og der etableres mekanisk ventilation med varmegenvinding, hvorved træk- og kuldegener samt fugtproblemer reduceres. Dette giver et bedre indeklima til beboerne og en sundere og mere holdbar bygning.

Ved energirenoveringen mindskes energibehovet i bygningen betydeligt. Det beregnede energibehov efter energirenovering af Heimdalsvej er 35,1 kWh/m² år, og byggeriet imødekommer derved kravet til lavenergiklasse 1.

Energibehovet for det udførte projekt er i Figur sammenlignet med energirammekravene for forskellige energirammer iht. BR08.



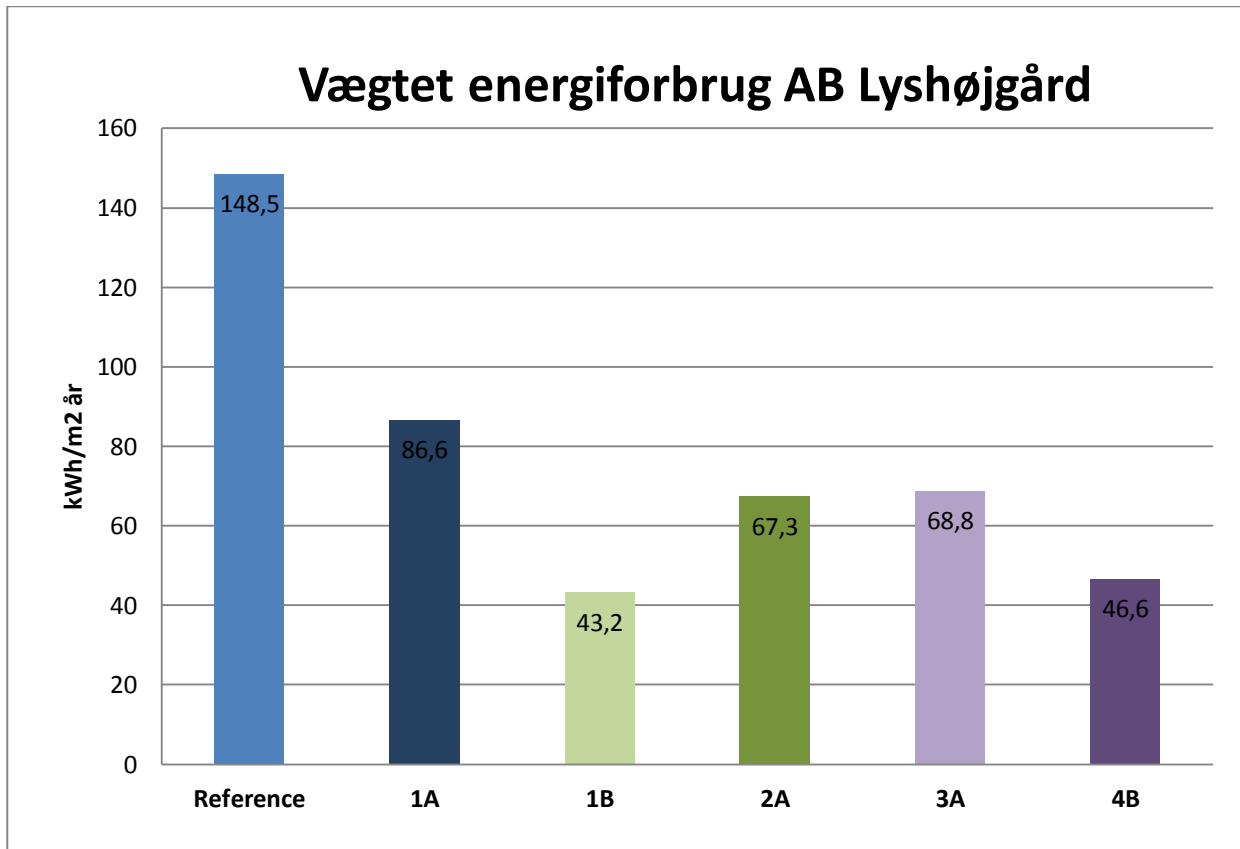
Figur 40. Energiforbrug for forskellige energirammer og den foreslåede renovering af Heimdalsvej

Note

Renoveringen er afsluttet i foråret/forsommeren 2012. Der er gennemført energirammeberegninger, der indikerer et energiforbrug på ca. 30 kWh/m² svarende til lavenergiklasse 2015 jf. BR10 og altså knap 20 % lavere end det oprindeligt planlagte. Dette skyldes, at der i forbindelse med udførelsen desuden er sket en efterisolering af taget med yderligere ca. 150 mm isolering. Der er gennemført tæthedsprøvninger, der indikerer, at facaderne lever op til de ønskede tæthedskrav for lavenergibyggeri.

5.3.2 Energibesparelser for energirenovering af AB Lyshøjgård

De forskellige energirenoveringsscenarier for AB Lyshøjgård resulterer i forskellige fremtidige forventede energibehov. Det beregnede energibehov før renovering (reference) og for de undersøgte energirenoveringsscenarier uden brug af vedvarende energi er illustreret i nedenstående figur.



Figur 41 Energiforbrug for forskellige energirammer og den foreslåede renovering af Lyshøjgård

Af figuren ses, at det ikke er muligt at reducere energiforbruget svarende til lavenergiklasse 1 niveau iht. BR08, alene ved renovering af klimaskærm og optimering af installationer. Ved lokal el-produktion fra solceller kan AB Lyshøjgård dog renoveres til lavenergiklasse 1. Hvis der i scenarie 1B opsættes 410 m² solceller, der forventes at producere 8,26 kWh el pr. m² opvarmet etageareal, vil nettoenergiforbruget blive reduceret til 34,9 kWh/m² eller mindre end kravet til Lavenergiklasse 1

Energiforbruget har stor betydning for de fremtidige driftsomkostninger, men energirenoveringen foranlediger ofte andre forbedringer, der for beboerne kan tillægges mindst lige så meget vægt som de reducerede driftsomkostninger. I det følgende belyses forhold omkring energi og indeklima samt dagslysmæssige fordele, ulemper og muligheder ved energirenovering.

5.4 Termisk indeklima

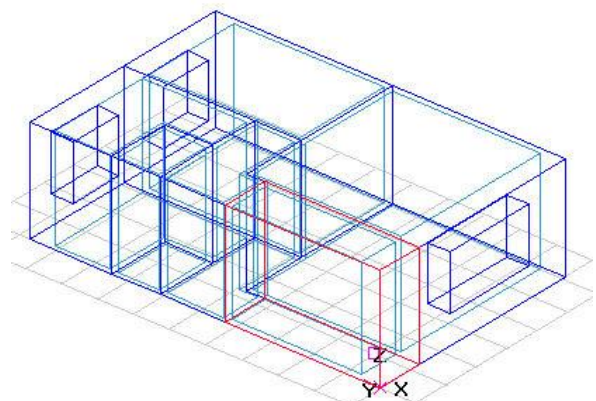
For at vurdere ændringer i indeklimaforholdene (termisk og visuelt indeklima) ved de forskellige renoveringsscenarier er der gennemført indeklimasimuleringer af boliger i boligbebyggelserne i AB Lyshøjgård og på Heimdalsvej. For AB Lyshøjgård er kun foretaget simulering for de scenarier der er principielt forskellige f. t. det forventede termiske indeklima. Simuleringerne er foretaget med programpakken BSim, der simulerer energi- og indeklimaforhold time for time gennem hele året.

5.4.1 Lyshøjgård

Ejendommene er bygget af gode materialer og er tidstypiske for området og byggeåret 1937 - 38. Ejendommene ligger centralt i Valby og med tæt forbindelse til privat og offentlige service, samt grønne arealer. Boligforeningen A/B Lyshøjgård består af 1½ karré med i alt 240 lejligheder. Etageboligbyggeriet er i 5 etager med opvarmede loftsrum, kældre og opgange. Det samlede opvarmede etageareal er ifølge BBR 14.894 m².

Der er kuldebro fra de eksisterende altaner og jernbetonbæring, som er forankret inde i den enkelte lejlighed, og transporterer kulde direkte ind i gulvene. Altanerne mod gården er båret af en betonplade, der transporterer kulde ind i gulvet i køkkener og badeværelser. Taget er fra opførelsen og har opfyldt sin levetid. Ligeledes må de eksisterende termoruder forventes at have en begrænset levetid. Ejendommens nordvendte facader, der ligger ud mod stationsområdet, er belastet af trafikstøj, fra bus, bil og togtrafik. Der er ikke monteret lydrudder i den nordlige del af ejendommen, der vender mod jernbanen.

Simulering af energibehov og indeklima er foretaget for en repræsentativ lejlighed beliggende på anden sal med øst-/vestlig orientering. Boligen er på 60,2 m² og består af hhv. køkken, soveværelse, opholdsstue og toilet, som er i direkte forbindelse med boligens entré. Opholdsstuen er orienteret mod gaden, mod vest, og soveværelse og køkken er østvendt mod boligkarréens gård. Boliger fra 1. – 4. sal har altaner mod gård og gade fra hhv. køkken og stue.



Figur 42 BSim-model af den simulerede lejlighed i Lyshøjgård. Lejligheden er en indeliggende lejlighed beliggende på 2. sal.

5.4.1.1 Eksisterende forhold

BSim-modellen for boligen er vist i figur . Modellen er delt i tre termiske zoner: Opholdsstue (med et nettoareal på 23,4 m²), soveværelse (14,7 m²) samt en uopvarmet zone bestående af køkken toilet og bad (15,8 m²). Det samlede opvarmede brutto etageareal er på 60,2 m². I modellen indgår desuden et uopvarmet trapperum, vist med rødt på figuren. Der er tale om en indeliggende lejlighed, og det antages, at der ikke er

varmeudveksling med nablejlighederne. Der regnes med to personer i boligen, og belastningsprofiler for personer, udstyr og belysning, som afspejler en sandsynlig brugeradfærd i en typisk lejlighed, således at det samlede elforbrug til belysning og udstyr svarer nogenlunde til middelværdierne beskrevet i (Petersen og Gram-Hanssen, 2005).

$$Q_{el,lejlighed} = 342 + 11 \cdot A + 349 \cdot p = 1.700 \text{ kWh/år}$$

5.4.1.1.1 Energbalance og energibehov for eksisterende forhold

Den beregnede energibalancel for lejligheden fremgår af tabellen og søjlediagrammet nedenfor. Det ses, at der er store varmetab ved transmission og infiltration, hvilket medfører et varmebehov på knap 7.000 kWh/år, svarende til 114,7 kWh/m² pr. år.

Tabel 13. Samlet varmebalance for lejlighed i Lyshøjgård før renoveringstiltag. Varmebalancen er vist som søjlediagram i figur.

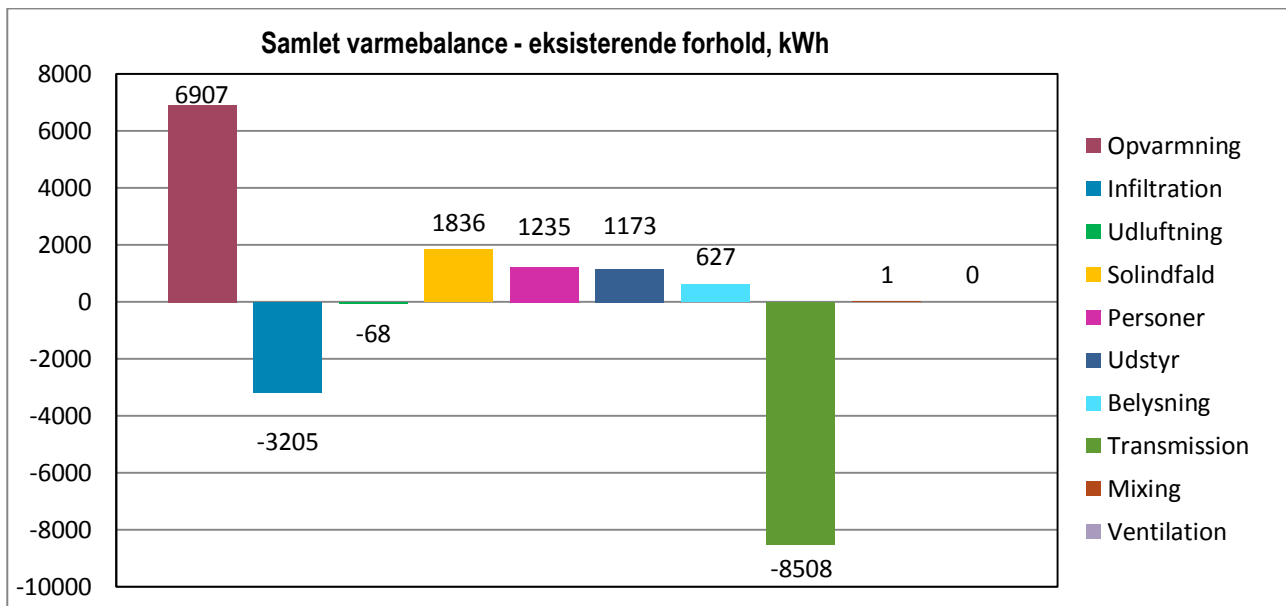
Lyshøjgård: Energbalance, eksisterende forhold [kWh/m ²]													
2. Sal øst/vest	Året	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Opvarmning	6907	1132	999	929	635	268	0	0	0	317	671	886	1070
Infiltration	-3205	-453	-416	-406	-310	-194	-112	-92	-89	-161	-242	-322	-408
Udluftning	-68	0	0	0	-4	-14	-18	-21	-10	-1	0	0	0
Solindfald	1836	26	59	124	215	300	296	288	236	160	80	33	18
Personer	1235	105	95	105	102	105	102	105	105	102	105	102	105
Udstyr	1173	100	90	100	96	100	96	100	100	96	100	96	100
Belysning	627	59	51	54	49	48	45	47	50	51	56	56	59
Transmission	-8508	-969	-878	-906	-782	-613	-410	-427	-393	-565	-770	-851	-944
Mixing	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventilation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Udetemperatur °C	8	-1	-1	2	6	11	15	16	16	13	9	5	2
Operativ temp. °C	21,1	20,6	20,6	20,9	21,3	21,6	21,3	21,5	21,3	21,3	21,4	21,1	20,7
Rel. fugtighed (%)	42,3	28,3	26,2	29,0	34,0	43,0	57,2	62,5	60,6	56,3	43,1	37,9	29,4

Til beregning af det samlede energibehov i forhold til energirammen, antages det, at der er et varmebehov til varmt brugsvand på 18 kWh/m², svarende til et årligt behov på 1.084 kWh/år for boligen. Hertil skal lægges et el-forbrug til pumper (varme og vand), hvilket sættes til 0,5 kWh/m². Det samlede varmebehov, eksklusiv belysning og udstyr, som ikke indgår i rammen, bliver således 134 kWh/m², se tabel 14

Tabel 14. Eksisterende forhold: Energbehov til sammenligning med energiramme

Energi	kWh/år	kWh/m ² pr. år	Vægtet.
Opvarmning	6907	114,7	114,7
Varmt brugsvand	1084	18,0	18,0
Ventilation	0	0	0
Pumper	30	0,5	1,25
I alt	8021	133,2	134

Det skal bemærkes, at der er tale om en indeliggende lejlighed, hvorfor det gennemsnitlige energibehov for hele boligblokken vil ligge væsentligt højere, skønsmæssigt 15 - 20 %, når der medtages lejligheder i stueetage (tab gennem gulve) og tagetage (tab gennem loft).

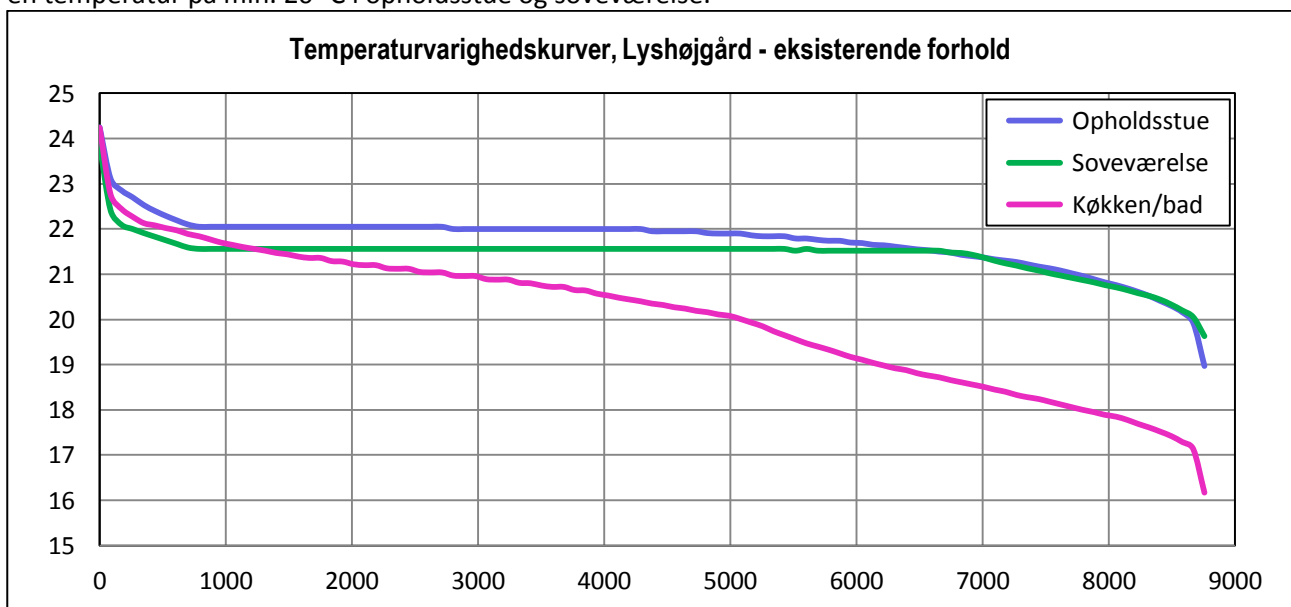


Figur 43 Samlet varmebalance ved de eksisterende forhold på Lyshøjgård. Mest markant er det meget store transmissionstab, som skyldes en ringe isolering af klimaskærmne, herunder ganske dårlige vinduer.

Varmebalancen viser *ikke*, at der i modellen regnes med en luft- og varmeudveksling mellem de termiske zoner (mixing), hvilket også vil være tilfældet i praksis, bl.a. for at man kan opretholde en nogenlunde acceptabel temperatur i køkken-bad zonen, som ikke har nogen radiator. Dette betyder, at der overføres en del varme fra opholdsstue og soveværelse til køkken-bad zonen.

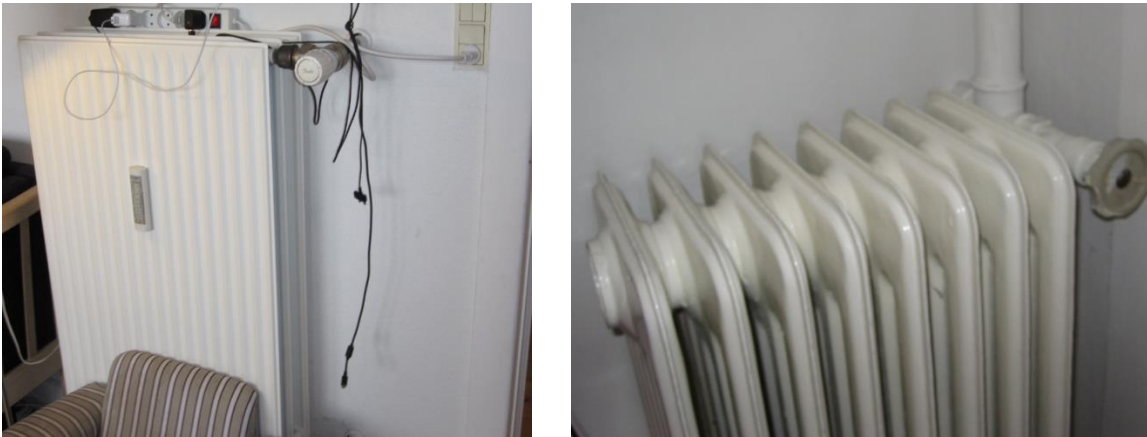
5.4.1.1.2 Termisk indeklima for eksisterende forhold

Grafen i figur viser varighedskurverne af den operative temperatur i de tre zoner. Der er valgt temperatursætpunkter på henholdsvis 22,0 °C i stue og 21,5 °C i soveværelse, men grafen viser, at disse temperaturer ikke kan opretholdes i ca. 2.000 timer af året. Des ses, at det på nær ganske få timer er muligt at opretholde en temperatur på min. 20 °C i opholdsstue og soveværelse.



Figur 44 Varighedskurver for den operative temperatur i de tre hovedrum ved eksisterende forhold. Kurverne viser, at der er problemer med at holde en acceptabel indetemperatur i alle rum, ikke mindst køkkenet, hvor der ikke er en radiator.

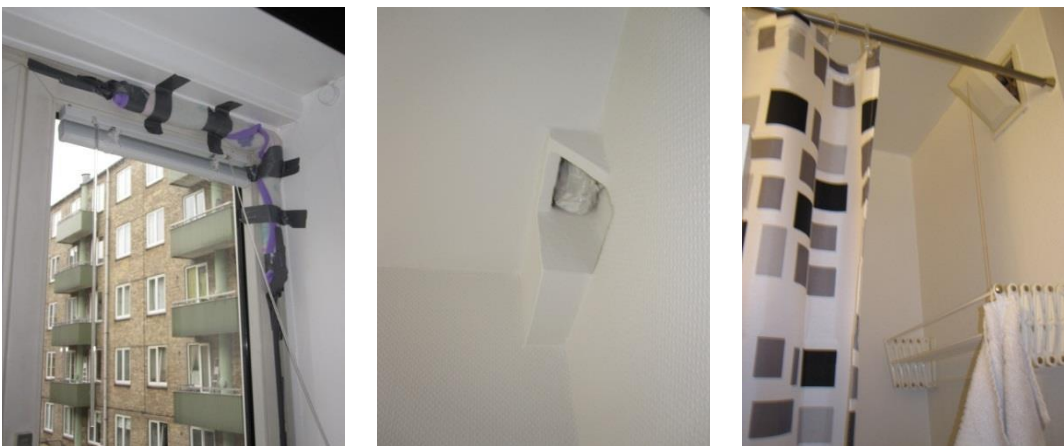
Det må dog forventes, at en temperatur nær 20 °C på de koldeste dage, vil blive oplevet som utilstrækkelig af brugerne, idet radiatorerne er placeret ved bagvæggen i både stue og soveværelse, som vist på Figur .



Figur 45. Radiatorer ved bagvæg i eksisterende lejlighed. Til venstre Rio 3P-radiator i opholdsstue, estimeret til en effekt på ca. 1200 W (ved temperatursæt på 70/40). Til højre ældre radiator i soveværelse, estimeret til ca. 950 W.

Radiatorerne skaber en luftstrøm op langs bagvæggen og ned foran vinduet, og vil således forøge kulde- nedfald fra vinduerne samt forøge trækgener på grund af utætheder omkring vinduerne. Samlet set må det forventes, at brugerne oplever utilstrækkelig varme, træk og fodkulde i størstedelen af vinteren, specielt på kolde og blæsende dage. Denne antagelse bekræftes af, at beboerne i mange lejligheder har blokeret for luftindtag og aftrækskanaler, se fotos i Figur .

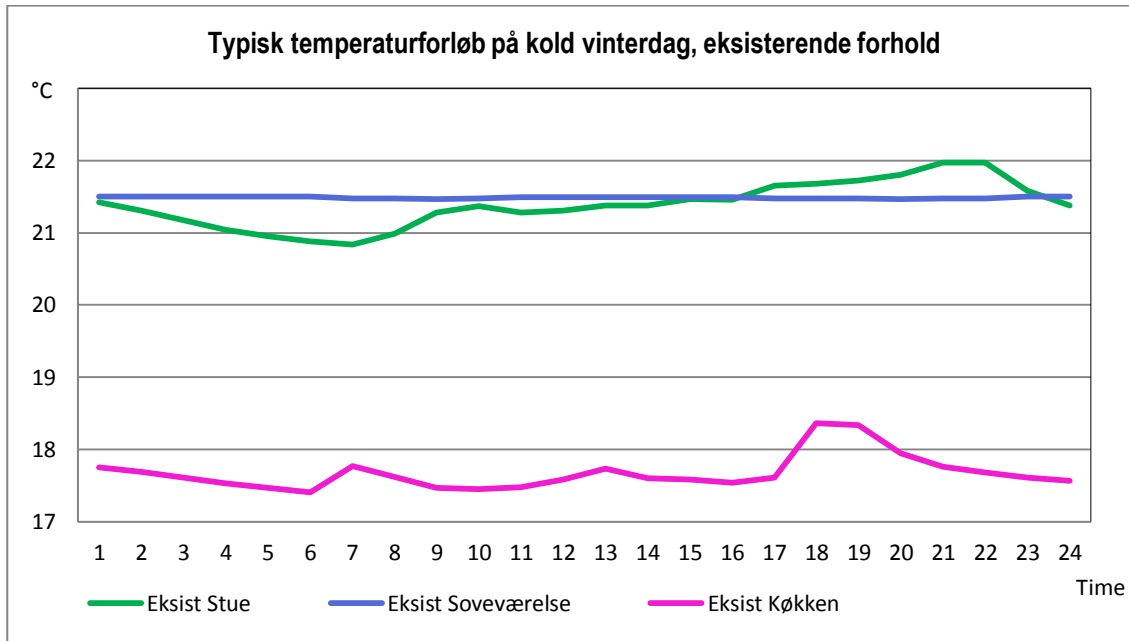
På grund af utætte vinduer og dårligt fungerende udluftningsventiler og -kanaler, vil luftskiftet variere meget med vindhastighed og -retning. I simuleringerne er middelluftskiftet defineret som summen af naturlig ventilation og infiltration, og det udgør i alt ca. 0,75 h⁻¹.



Figur 46 Luftindtag og aftrækskanaler, som er lukket til af beboerne, formentlig for at reducere trækgener.

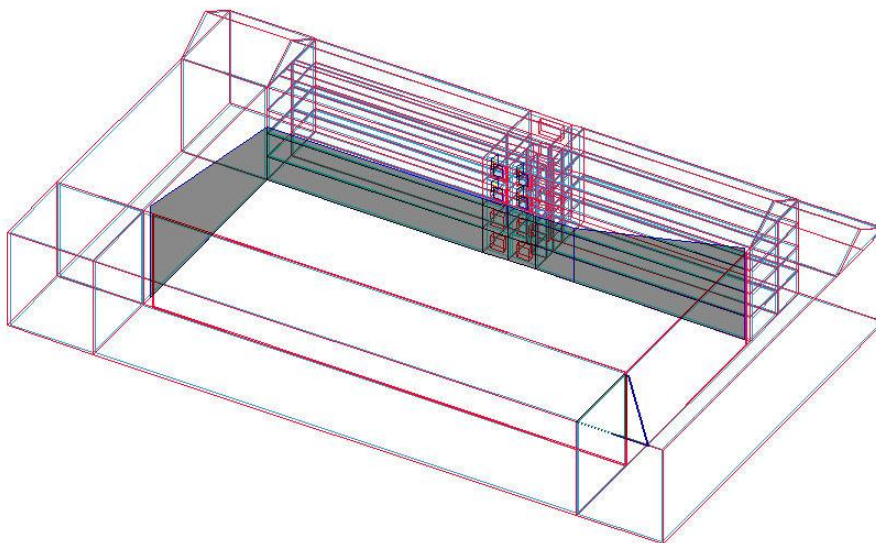
Figur viser, at temperaturen i køkken-bad zonen på trods af luft- og varmeoverførslen fra stue og soveværelse vil være under 20 °C i ca. 3.750 timer, under 19 °C i ca. 2.500 og under 18 °C i ca. 1.000 timer af året. Figur viser temperaturforløbet hen over døgnnet i de tre termiske zoner på en kold vinterdag. Det ses, at radiatoren i opholdsstuen ikke kan opretholde setpunkt-temperaturen på 22 °C, og at temperaturen i køkken-bad zonen kun kommer op over 18 °C i perioden fra kl. 18 til 19, altså ved madlavningstid, hvor der regnes med varmeafgivelse fra komfur i køkkenet. I praksis må det formodes at være vanskeligt for beboerne at afgøre, hvordan de bedst kan opnå en acceptabel temperatur i køkkenet, når de på den ene side har brug for varmen fra de andre rum, og på den anden side må holde døre lukket i kolde perioder for at begrænse varmetabet ved naturlig ventilation fra aftrækskanalerne i køkken og bad. Det vigtigste tiltage

ved renovering af ejendommen vil derfor være at sikre, at der kan opnås en komforttemperatur i alle zoner hele året.



Figur 47 Temperaturforløb ved eksisterende forhold i de tre termiske zoner på en kold vinterdag.

Temperaturforløbet i boligens rum afhænger meget af varmetilskuddene fra udstyr, belysning og beboere, ikke mindst i køkken-zonen, hvor der ingen radiator findes. Solindfaldet giver et varmetilskud af samme størrelsesorden som udstyr og belysning tilsammen, men i de nederste etager (som simuleringerne udføres for her) reduceres solindfaldet af skygger fra de overfor liggende boligblokke. Dette er illustreret i Figur , som viser skyggen på vestfacaden mod gårdrummet den 15. februar kl. 16. Det samme gør sig gældende på østfacaden mod gaden, hvor afstanden til naboblokken er nogenlunde den samme. Dette betyder, at boligerne i de nederste etager mister et væsentligt solvarmetilskud i vintermånederne. Af samme grund mister disse boliger også en betydelig del af dagslyset, ikke mindst det direkte sollys, som af de fleste er meget værdsat i de mørke vinter måneder.



Figur 48 Sol og skyggers betydning for at holde temperaturen...15. februar kl. 16

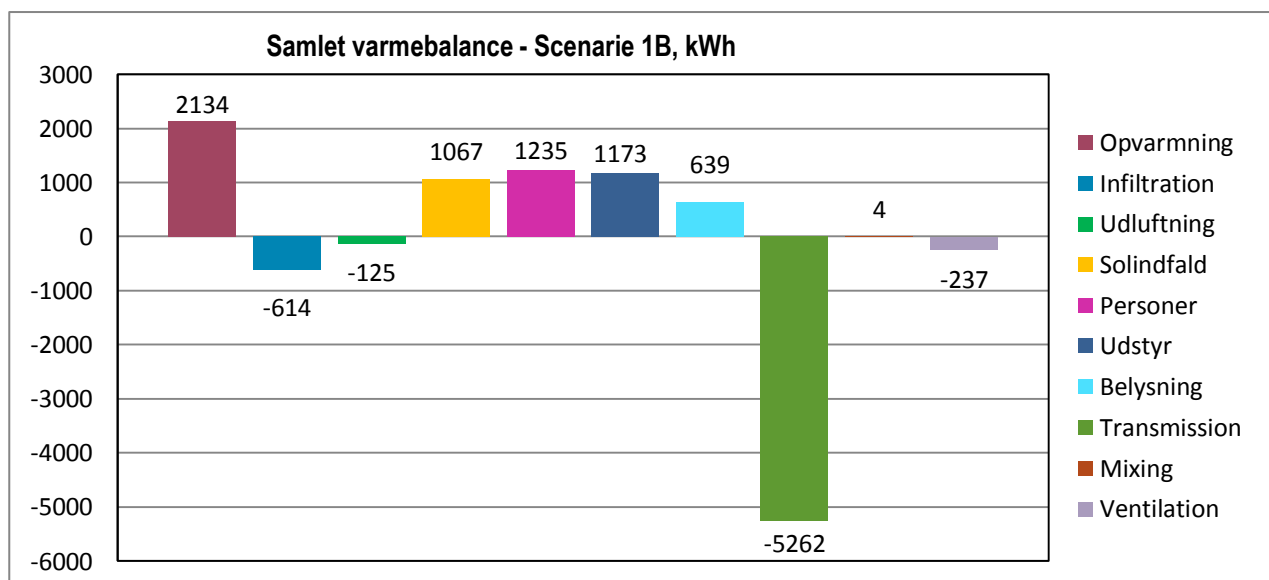
5.4.1.2 Scenarie 1B – Overdækning af gårdrum og kraftig efterisolering

I dette scenarie indgår følgende tiltag af betydning for energiforbrug og indeklima:

- Glasoverdækning af gårdrum
- Efterisolering af klimaskærm
- Nye vinduer og altandøre samt vinduer og døre i opgang mod gaden (placeres midt i isoleringen).
- Central mekanisk balanceret ventilation med behovsstyring og varmegenvinding.

5.4.1.2.1 Energibalace for scenarie 1B

Overdækning af gårdrummet med Foiltec vil resultere i en markant ændring af energi- og indeklimaforholdene i de tilstødende boligblokke. Sammen med de øvrige tiltag ændres den samlede varmebalance som vist i figur . Figuren viser, at på grund af de store reduktioner i infiltrationstab og transmissionstab, falder varmebehoget fra næsten 7.000 kWh/år til godt 2.000 kWh/år. Solindfaldet reduceres i rummene mod gårdrummet pga. overdækningen og i rummet mod gaden pga. udskiftningen af vinduer til 3-lags energiruder. BSim-beregningerne kan ikke sammenlignes direkte med Be10-beregningerne, men tabel 15 viser de tilsvarende energinøgletal, som anvendes her.



Figur 49. Varmebalance for boligen ved scenarie 1B. I forhold til de eksisterende forhold sker de største ændringer i infiltrations tab, og transmissionstab samt i solindfaldet, som reduceres med ca 40 %.

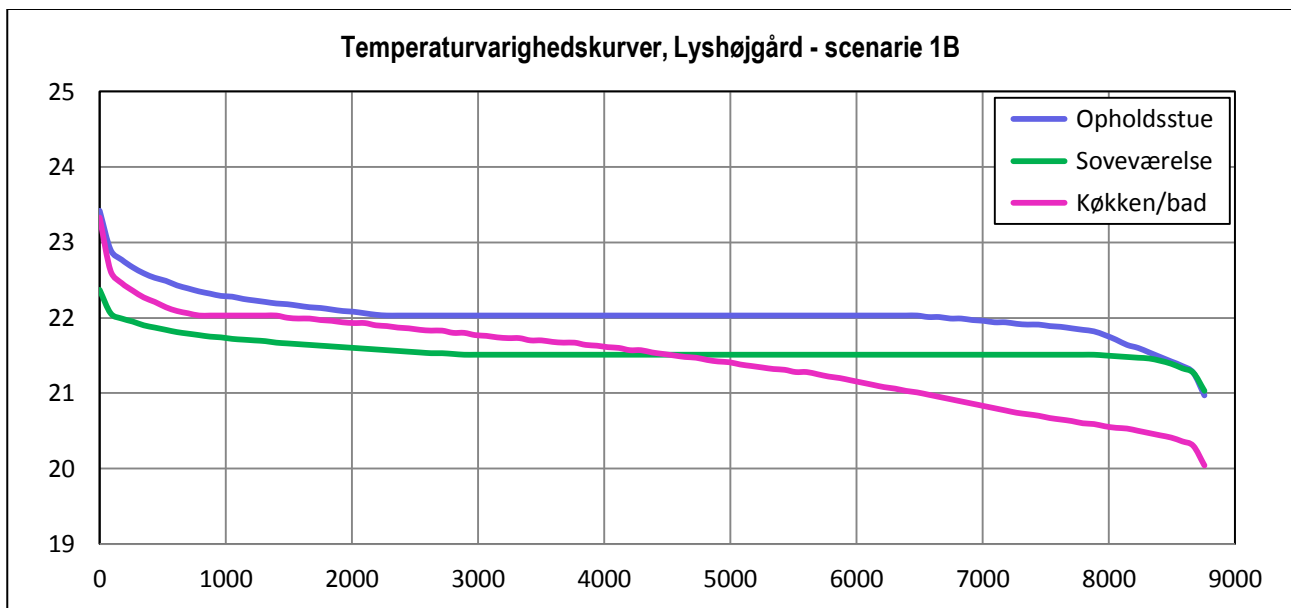
Tabel 15. Nøgletal for energi ved scenarie 1B.

Energi	kWh/år	kWh/m ² pr. år	Vægtet,
Opvarmning	2134	35,4	35,4
Varmt brugs-	903	15,0	15,0
Ventilation	154,3	2,6	6,5
Pumper	30	0,5	1,25
I alt	3221,3	53,5	58,15

Tabellen viser både de absolutte energibehov og de vægtede behov, svarende til de, som anvendes ved Be10-beregninger. Værdierne kan dog ikke sammenlignes med Be10, da der ikke anvendes standardforudsætninger mht. temperatur-setpunkter, varmebelastninger m.m.

5.4.1.2.2 Termisk indeklima for scenarie 1B

Ved de eksisterende forhold er det meget kritisk, at der ikke kan opretholdes en tilfredsstillende indetemperatur i køkken-regionen på kolde vinterdage. Ved foranstaltningerne i scenarie 1B medfører overdækningen af gården, nye vinduer og reduceret infiltration, at temperaturen kan holdes over 20 °C også på de kolde dage. Figur viser varighedskurverne for den operative temperatur i de tre termiske zoner. Figuren viser, at temperatursetpunkterne i stue på 22,0 °C og i soveværelse på 21,5 °C kan holdes i langt størstedelen af tiden. Det ses også, at temperaturen flyder frit i køkkenregionen, og at den aldrig kommer under 20 °C.



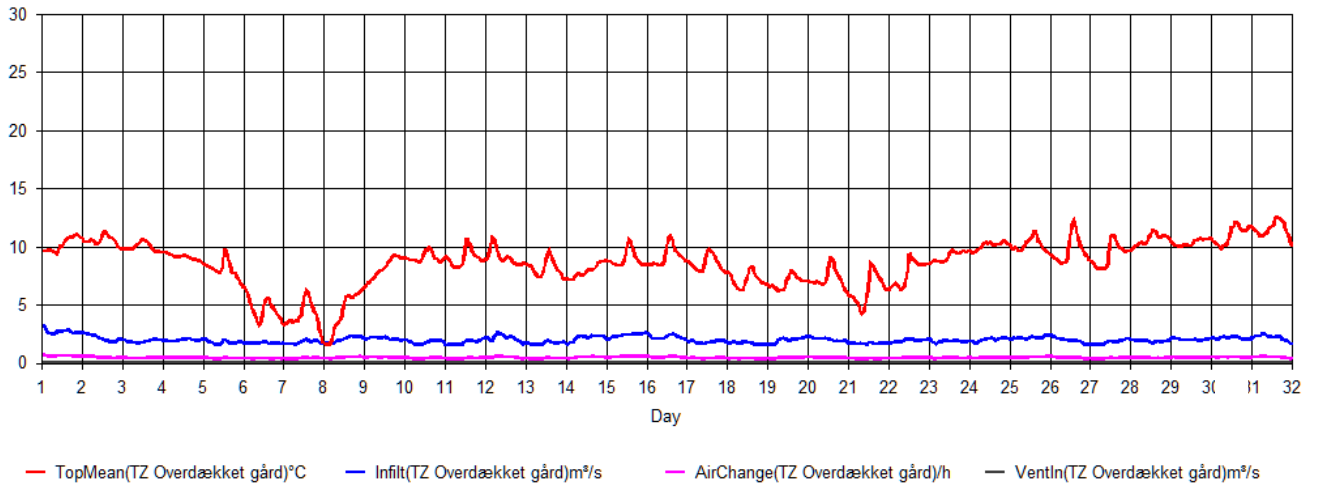
Figur 50. Temperaturvarighedskurver for scenarie 1B. Sammenlignet med varighedskurverne for de eksisterende forhold, ses det tydeligt, at der nu er opnået acceptabelt termisk komfort i køkkenregionen, jf. figur 44

Ser man på temperaturforløbet hen over en typisk kold vinterdag, fremgår det, at temperaturen i køkkenregionen ligger næsten tre grader højere ved scenarie 1B i forhold til de eksisterende forhold. Dette kan ses af figur , der viser temperaturforløbet for de eksisterende forhold og de tre scenarier 1B, 3A og 4B.

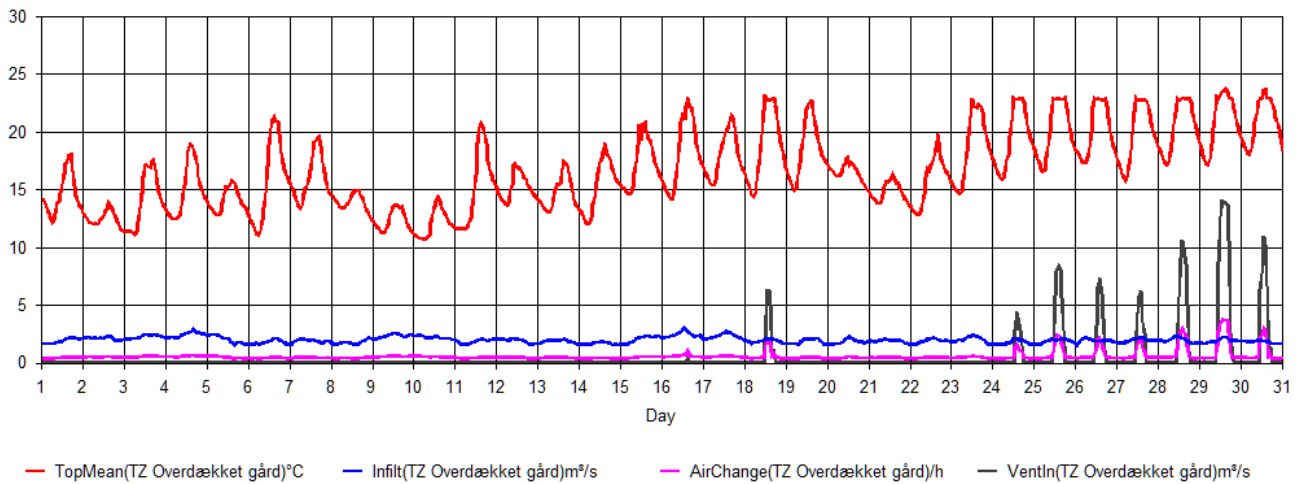
Indetemperatur og udluftning i det overdækkede gårdrum

Simuleringerne viser, at temperaturen i det overdækkede gårdrum holder sig over frysepunktet i hele året. Om sommeren kan høje overtemperaturer kun undgås, hvis der kan skabes en effektiv udluftning, svarende til et luftskifte på op mod 5 h^{-1} på de varmeste dage, se figur . Dette betyder, at det vil være nødvendigt at etablere en forholdsvis stor åbning for luftindtag gennem stueetagen i en af boligblokkene, således at drivtrykket pga. temperaturforskellen mellem gårdrummet og udeluften kan udnyttes.

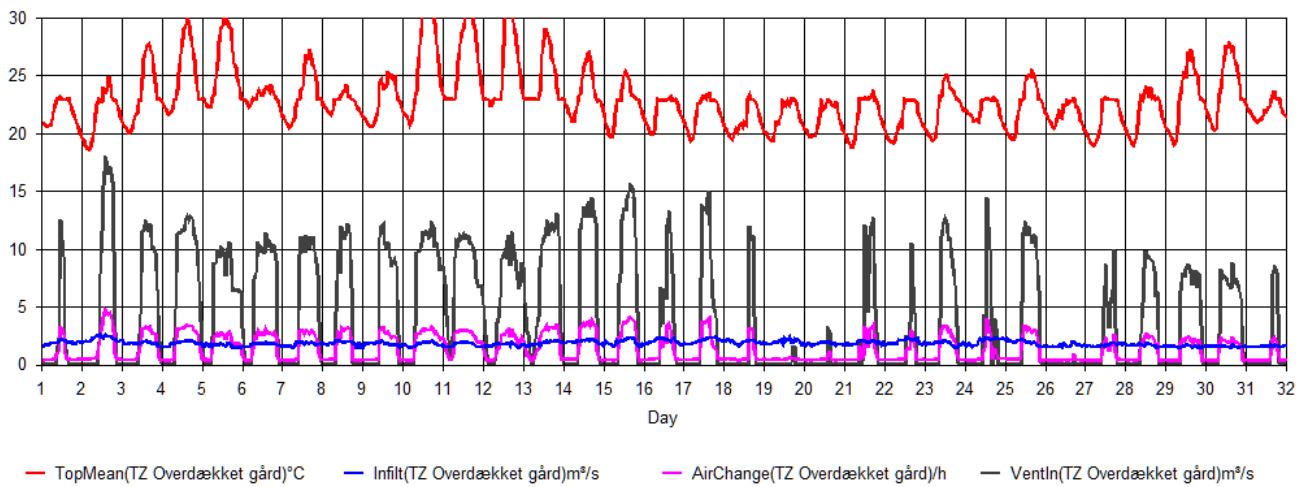
January 2013



April 2013



July 2013



Figur 51 Operativ temperatur, infiltration og udluftning i overdækket gårdrum på tre typiske dage i året.

5.4.1.3 Scenarie 3A – Glasinddækning af altaner, efterisolering og balanceret ventilation

I dette scenarie indgår følgende tiltag af betydning for energiforbrug og indeklime:

- Glasinddækning af altaner (køkken og stue)
- Efterisolering af klimaskærm
- Nye vinduer i ikke-inddækkede rum
- Behovsstyret mekanisk udsugning

Glasinddækning af altaner mod gård og gade

Altaner mod gård og gade glasinddækkes. Glasset placeres i en afstand fra facaden svarende til altandybden, og strækker sig fra undersiden af taget til undersiden af altanerne i 1. sals højde. Glasinddækningen dækker altaner og vinduer i forbindelse med altandøre. Det forventes at glasset har en U-værdi på $2,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, en g-værdi på 0,81 og en glasandel på 90 %. Det glasinddækkede rum forventes at kunne ventileres med $0,6 \text{ l/s m}^2$.



Glasinddækningen giver anledning til reduceret transmissionstab fra klimaskærmen, der vender mod det glasinddækkede rum, som beskytter facaden mod vind og oftest har en højere temperatur end udeluften. På den negative side er det, at solvarmebidrag og dagslysadgang for vinduer og altandøre bag glasinddækningen mindskes ved etableringen, og reduceres med faktorer svarende til glasinddækningens værdier.

Udvendig efterisolering af facade

Facader mod gård og gade, som ikke er glasinddækket, efterisoleres udvendigt med 200 mm mineraluld klasse 37. Dette reducerer U-værdien til $0,17$ eller $0,16 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, alt efter variationen i den eksisterende murtykkelse. U-værdien for brystninger udenfor glasinddækningen reduceres i forbindelse med efterisoleringen til $0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Den udvendige efterisolering omfatter også trappeopgangen og den øverste del af kælderen.

Udskiftning af vinduer, der ikke er glasinddækket

Alle vinduer der ikke er glasinddækket skiftes til 2-lags energiruder med U-værdi på $1,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ og g-værdi på 0,63. Nye vinduer føres ud i den udvendige efterisolering og der kan derved ses bort fra linjetab fra samling mellem vindue og facade. Vinduer i den uopvarmet trappeopgang skiftes også, mens de eksisterende kældervinduer, og eksisterende vinduer og døre ved altaner bevares, da udskiftning af disse ikke giver anledning til nær så store energibesparelser.

Der er mulighed for at udskifte til 3-lags energiglas i stedet for 2-lags, hvilket giver en lavere U-værdi, men tilsvarende medfører en uhensigtsmæssigt stor merudgift.

Behovsstyret mekanisk udsugning

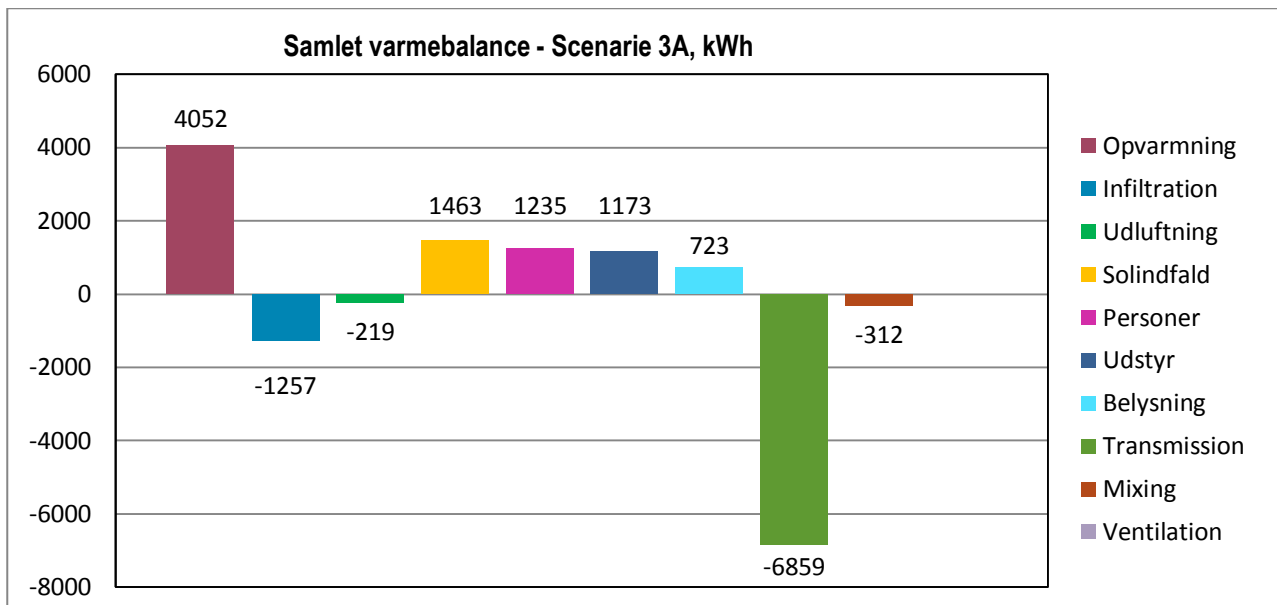
Der installeres behovsstyret mekanisk udsugning i bygningen, for at sikre at fugt fjernes fra bad og køkken. Installationen øger energiforbruget, da udsugningsaggregatet har en SEL-værdi på 0,8. Behovsstyring medfører at ventilationsanlægget kun er i brug 70 % af tiden. Udenfor brugstiden forventes en mindsket infiltration på $0,1 \text{ l/s m}^2$, som følge af reoveringen.

Der etableres friskluftsventiler i ydervæg mod inddækkede altaner, hvilket giver mulighed for at udnytte at udnytte at temperaturen er højere end udeluften, ikke mindst på solskinsdage. Varmetilskud fra ventilerne

forventes at kunne reducere varmetab i forbindelse med den mekaniske udsugning samtidig bidrage til et forbedret indeklima.

5.4.1.3.1 Energibalance for scenarie 3A

Ved dette scenarie reduceres transmissionstabet kun fra 8.508 kWh/år til 6.859 kWh/år, men det er vigtigt, at man er opmærksom på, hvordan dette beregnes i BSim. Transmissionstabet beregnes for hele året og for den til enhver tid værende temperaturforskel mellem lufttemperaturen (i hver zone) og de indvendige overflader (for alle flader i zonen). I scenarie 3A er middelværdien af indetemperaturen over hele året ca. 1 grad højere end i den eksisterende situation. Dette giver i sig selv en forøgelse af transmissionstabet på ca. 8 %, som altså ikke kommer til udtryk i et lavere energiforbrug, men i et forbedret termisk indeklima. Infiltrationstabet reduceres fra 3.205 kWh til 1.257 kWh, dels fordi erstatningsluften for den mekaniske udsugning tages ind via ventiler til den inddækkede altan ud for køkkenet, dels fordi vinduerne, som ikke er glasinddækket, udskiftes, og endelig fordi der regnes med tætningsforanstaltninger omkring eksisterende vinduer. Solindfaldet reduceres med godt 20 % på grund af de inddækkede altaner. Nøgletallene for varmebalancen er vist i tabel 16.



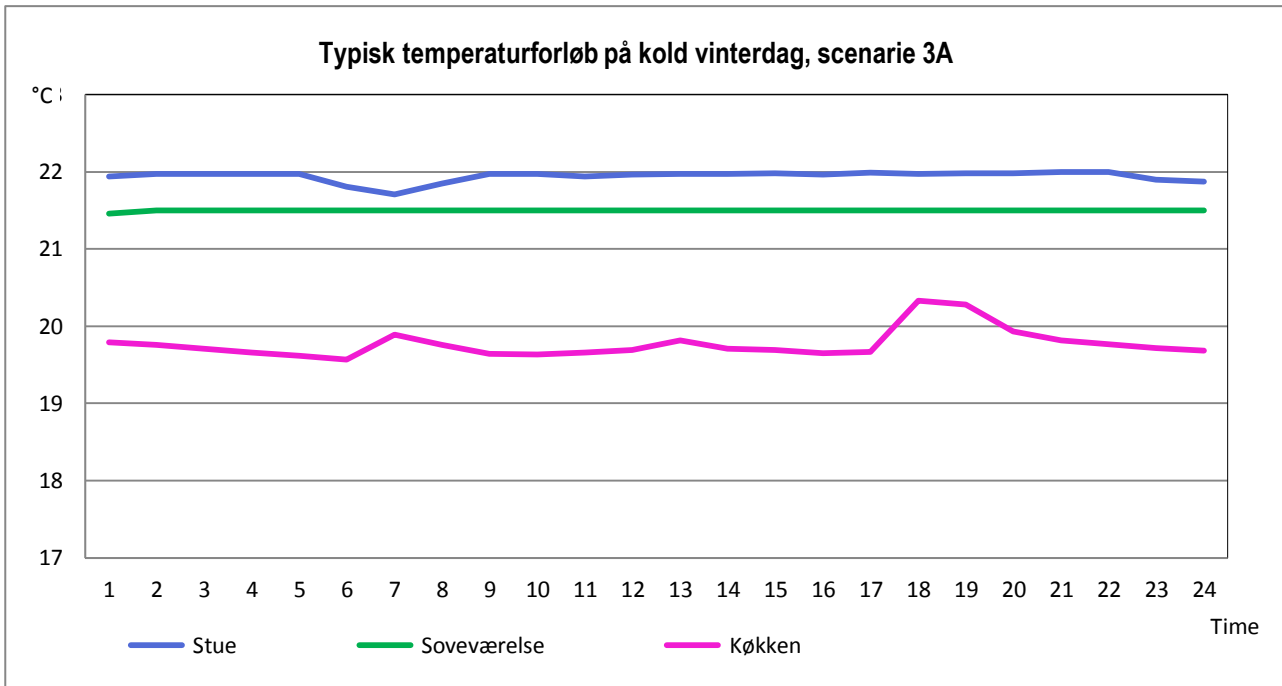
Figur 52 Varmebalance for boligen ved scenarie 3A. Dette scenarie er langt fra så attraktivt som scenariet med overdækket gård.

Tabel 16. Nøgletal for energi ved scenarie 3A. Tabellen viser både de absolutte energibehov og de vægtede behov, svarende til de, som anvendes ved Be10-beregninger.

Energi	kWh/år	kWh/m ² pr. år	Vægtet, kWh/m ² pr. år
Opvarmning	4052	67,3	67,3
Varmt brugsvand	903	15,0	15,0
Ventilation	98,0	1,6	4,1
Pumper	30	0,5	1,2
I alt	5083	84,4	87,6

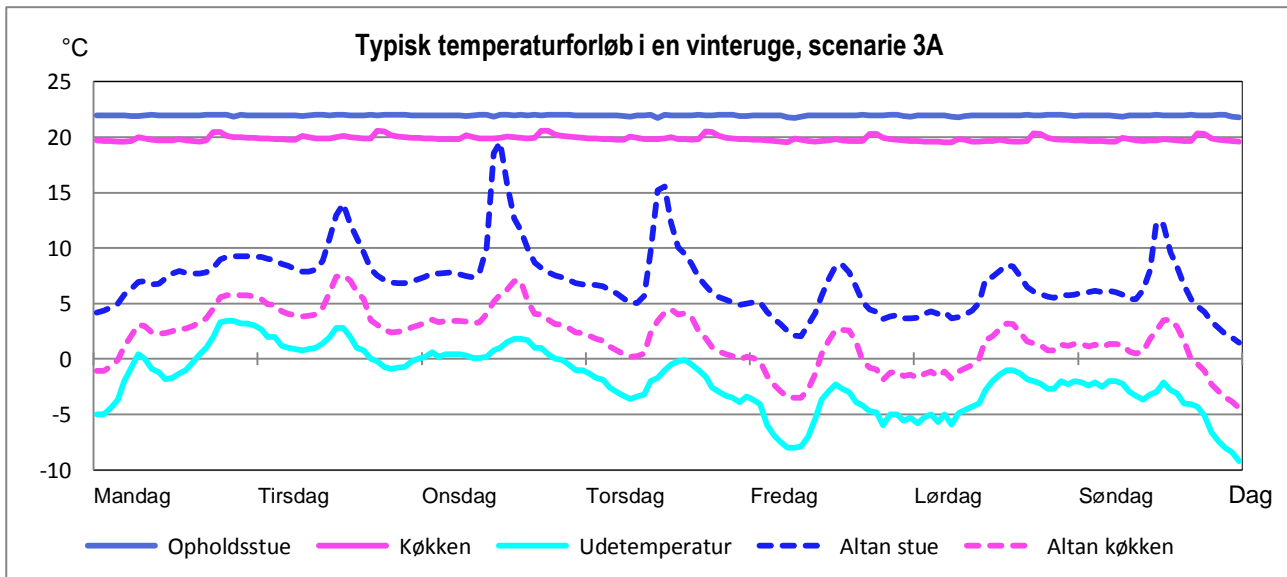
5.4.1.3.2 Termisk indeklima for scenarie 3A

Glasinddækningen af altanen i køkkenet medfører, at temperaturen i køkkenet i vinterperioden generelt ligger ca. 2 grader højere end i den eksisterende situation. Figur viser det typiske temperaturforløb i de tre zoner på en kold vinterdag. Kurven for køkkenet ligger hele døgnet over 19,5 °C, men kommer kun lige over 20 °C ved spisetid, når der er en varmebelastning i køkkenet.



Figur 53 Temperaturforløb i de tre termiske zoner på en kold vinterdag ved scenarie 3A.

I simuleringerne er det antaget, at lufttilførslen til køkkenet sker gennem ventiler i væggen ud til den glasinddækkede køkkenaltan. Dette medfører en infiltration på altanen svarende til luftmængden, som tilføres køkkenet. Ved at udnytte overtemperaturen på altanen i forhold til udetemperaturen, falder temperaturen på altanen som vist på figur , hvor forskellen i temperaturen på stuealtanen og køkkenaltanen tydeligt fremgår.



Figur 54 Temperaturforløb i stue, køkken og på altaner i en kold vinteruge.

5.4.1.4 Scenarie 4B – Total efterisolering og behovstyret, balanceret ventilation

I dette scenarie indgår følgende tiltag af betydning for energiforbrug og indeklime:

- Efterisolering af klimaskærm
- Udskiftning af alle vinduer til vinduer med super lavenergiruder
- Behovstyret mekanisk balanceret ventilation

Udvendig efterisolering af facade mod gade og gård.

Facader mod gade og gård efterisoleres udvendigt med 200 mm mineraluld klasse 37. Dette reducerer U-værdien til 0,17 eller 0,16 W/m² K, alt efter variationen i den eksisterende murtykkelse. Brystninger opnår ved efterisoleringen en U-værdi på 0,18 W/m² K. Den udvendige efterisolering omfatter også trappeopgangen og den øverste del af kælderen.

Udskiftning af vinduer

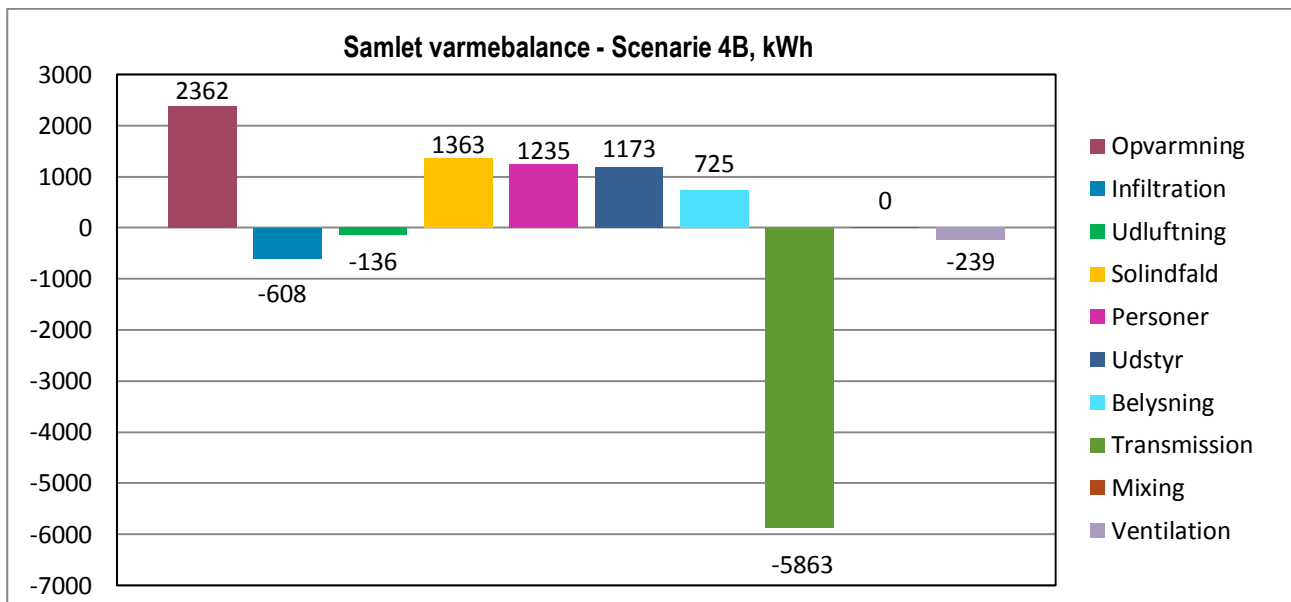
Alle vinduer og altandøre mod gade og gård skiftes til 3-lags energiruder med U-værdi på 0,78 W/m² K og g-værdi på 0,49. Nye vinduer føres ud i den udvendige efterisolering og der kan derved ses bort fra linjetab fra samling mellem vindue og facade. Vinduer og døre i trappeopgang skiftes ligeledes, mens de eksisterende kældervinduer beholdes.

Mekanisk, behovstyret ventilation

Der etableres mekanisk behovstyret ventilation med varmegenvinding. Dette kræver at der opsættes ventilationskanaler i lejligheder til indblæsning af luft i opholdsrum. Ventilationsaggregatet centralt placeret på loftet og har SEL = 1,9 kJ/m³ og en varmegenvindingsgrad på 0,85. Gennem behovsstyring reduceres anlæggets driftstid til 70 % af brugstiden. Det forventes at etageboligen tætnes i forbindelse med renoveringen, så der kan opnås en mindsket infiltration på 0,1 l/s m².

5.4.1.4.1 Energibalace for scenarie 4B

Udskiftningen til vinduer med 3-lags super lavenergiruder i kombination med den balancerede ventilation har en væsentlig mere markant effekt på energibalancen end inddækningen af de to altaner. Transmissionsstabet falder med ca. 15 %, og infiltrationstabet falder med 50 %.

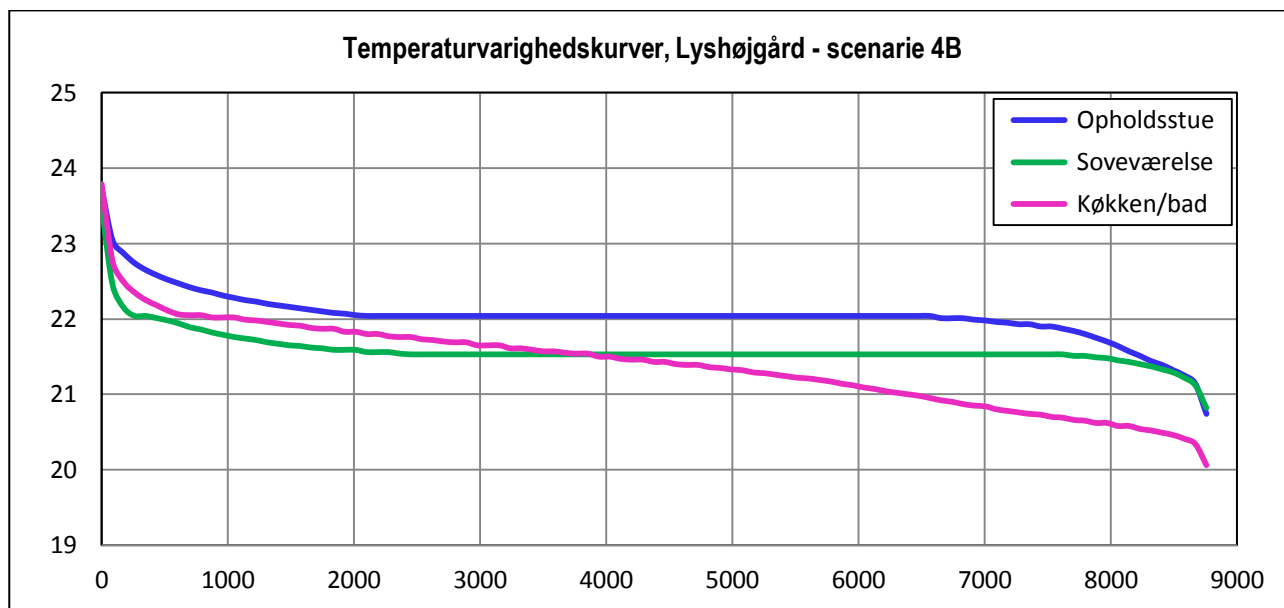


Figur 55 Varmebalance for boligen ved scenarie 4B. Balancen ligner meget scenariet med overdækket gård, idet der dog tilføres boligen noget mere sol og dermed også mere lys.

5.4.1.4.2 Termisk indeklime for scenarie 4B

Ved foranstaltningerne i dette scenarie kan der opnås en tilfredsstillende temperatur i køkkenet hele året. Temperaturen ligger her en smule højere end i scenarie 1B, se figur til sammenligning med figur . For en

enkelt vinterdag viser figur , hvor meget temperaturen i køkkenet hæves ved de tre simulerede scenarier. Ved scenarie 3A er temperaturen i underkanten af det acceptable, mens den ved både scenarie 1B og 4B kommer op på et acceptabelt niveau, over 20 °C hele døgnet.



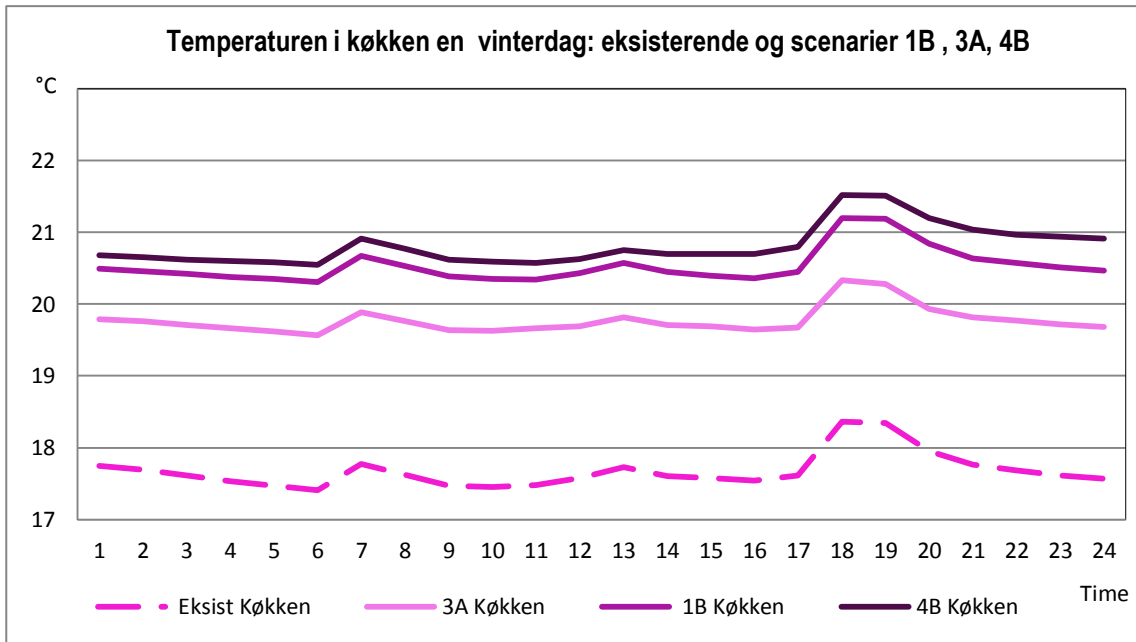
Figur 56 Varighedskurver for den operative temperatur i de tre hovedrum i scenarie 4B. Temperaturerne ligger næsten på samme niveau som ved scenarie 1B med overdækket gårdrum.

5.4.1.5 Sammenligning af fremtidige scenarier

Sammenlignes de tre renoveringsscenarier i forhold til de eksisterende forhold, ses det, at der ikke er så stor forskel på energi- og indeklimateforholdene ved scenarierne 1B og 4B med henholdsvis overdækket gårdrum og glasinddækning af altaner, se tabel 17. I praksis vil omkostningerne og andre værdier ved de to scenarier være afgørende for, hvilket af de to scenarier, der foretrækkes. Figur viser, hvordan den operative temperatur i køkkenet hæves ved de tre scenarier. Både scenarie 1B og 4B giver et acceptabelt temperaturforløb på en kold vinterdag, mens scenarie 3A ikke vil kunne hæve temperaturen til 20 °C.

Tabel 17. Nøgletal for simulerede, vægtede energibehov ved de eksisterende forhold og ved de tre renoveringsscenarier. Scenarierne 1B og 4B giver langt de største energibesparelser, og også større forbedringer i det termiske indeklimate.

	Eksisterende forhold		Scenarie 1B		Scenarie 3A		Scenarie 4B	
	kWh/år	Vægtet, kWh/m ²	kWh/år	Vægtet, kWh/m ²	kWh/år	Vægtet, kWh/m ²	kWh/år	Vægtet, kWh/m ²
Energi								
Opvarmning	6907	114,7	2134	35,4	4052	67,3	2362	39,2
Varmt brugsvand	1084	18,0	903	15	903	15	903	15
Ventilation	0	0,0	154,3	6,4	98	4,1	154,3	6,4
Pumper	30	1,2	30	1,2	30	1,2	30	1,2
I alt	8021	133,9	3221,3	58	5083	87,6	3449,3	61,8



Figur 57 Sammenligning af den operative temperatur i køkkenet på en typisk kold vinterdag under de eksisterende forhold og ved de tre renovringsscenarier. Ved scenarie 3A kan temperaturen ikke bringes op på 20 °C, hvilket må anses for uacceptabelt.

5.4.2 Heimdalsvej

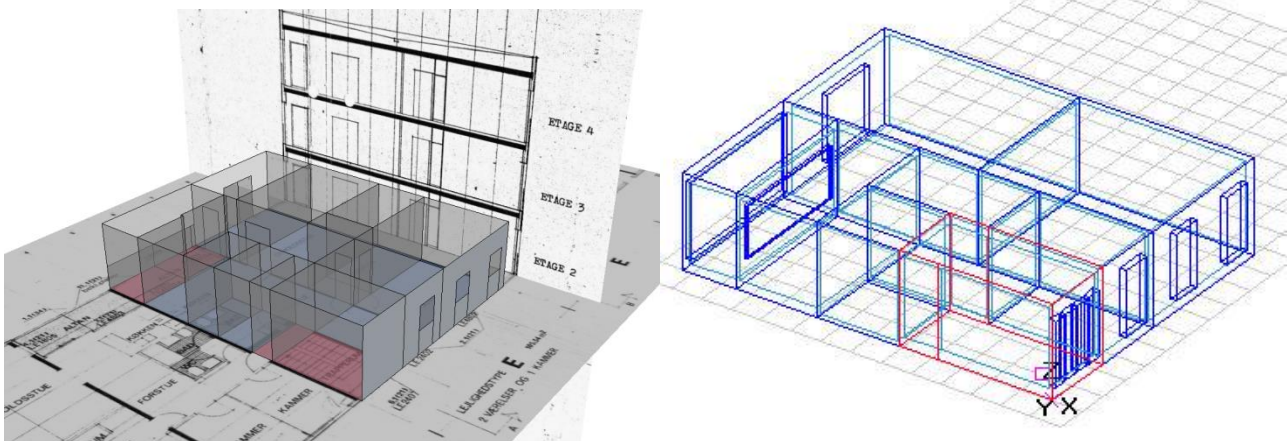
Simulering af energibehov og indeklima er foretaget for en repræsentativ lejlighed beliggende på 1. sal med facader mod nordøst og sydvest (33 grader fra nord). Boligen er på 105,5 m² og består af hhv. opholdsstue, køkken, soveværelse, værelse, forstue og bad/toilet samt en glasinddækket altan. Opholdsstue og køkken (med altan) er orienteret mod grønt fællesområde mod sydvest, mens soveværelse og værelse vender mod gaden, mod nordøst. Væggen mellem lejlighedernes køkken og de glasinddækkede, uopvarmede altaner har et stort og utæt glasparti.



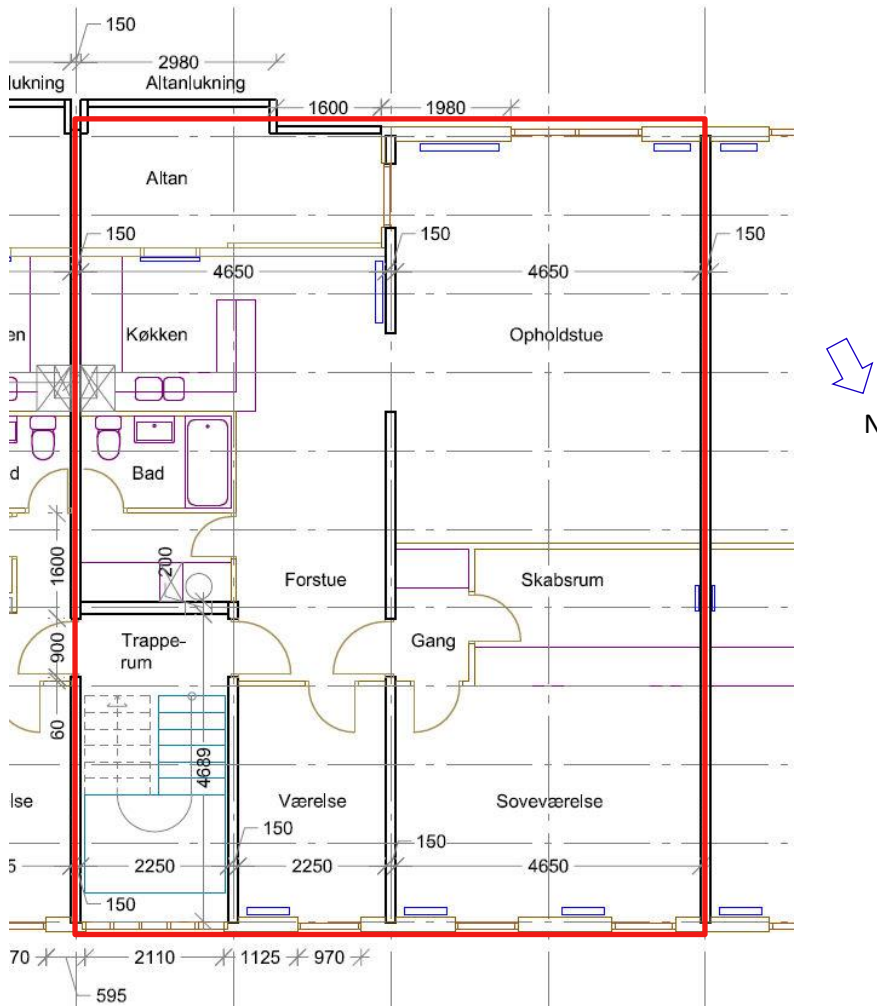
Figur 58 Foto af boligblokken på Heimdalsvej før renovering.

5.4.2.1 Eksisterende forhold

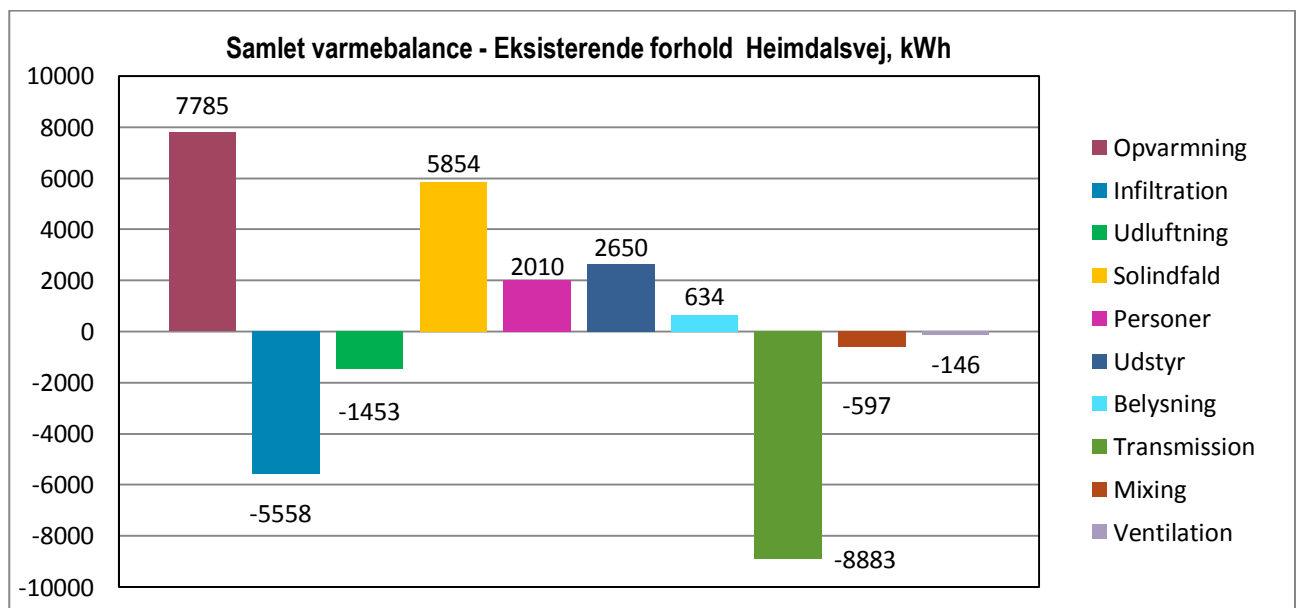
BSim-model og plantegning for boligen er vist i nedenstående figur og figur . Modellen er delt i seks termiske zoner: Opholdsstue (29,5 m²), Soveværelse (26,2 m²), køkken toilet og bad (17,9 m²), værelse(8,2 m²), forstue (8,8 m²) samt en glasinddækket uopvarmet altan(7,7 m²). Det samlede opvarmede brutto etageareal på i alt 105,5 m². I modellen indgår desuden et uopvarmet trapperum, vist med rødt på BSim-modellen.



Figur 59 Illustration af BSim-model med de seks termiske zoner. Der er tale om en indeliggende lejlighed.



Figur 60 Plantegning, der viser indretningen af den simulerede bolig. Stue og køkkenaltanen vender mod sydvest, mens soveværelse og værelse vender mod nordøst.



Figur 61 Samlet varmebalance før renovering på Heimdalsvej. Balancen viser, at der er store tab ved transmission og infiltration samt at der er et betydeligt varmetilskud fra solvarmen.

5.4.2.1.1 Varmebalance og energibehov for Heimdalsvej før renovering

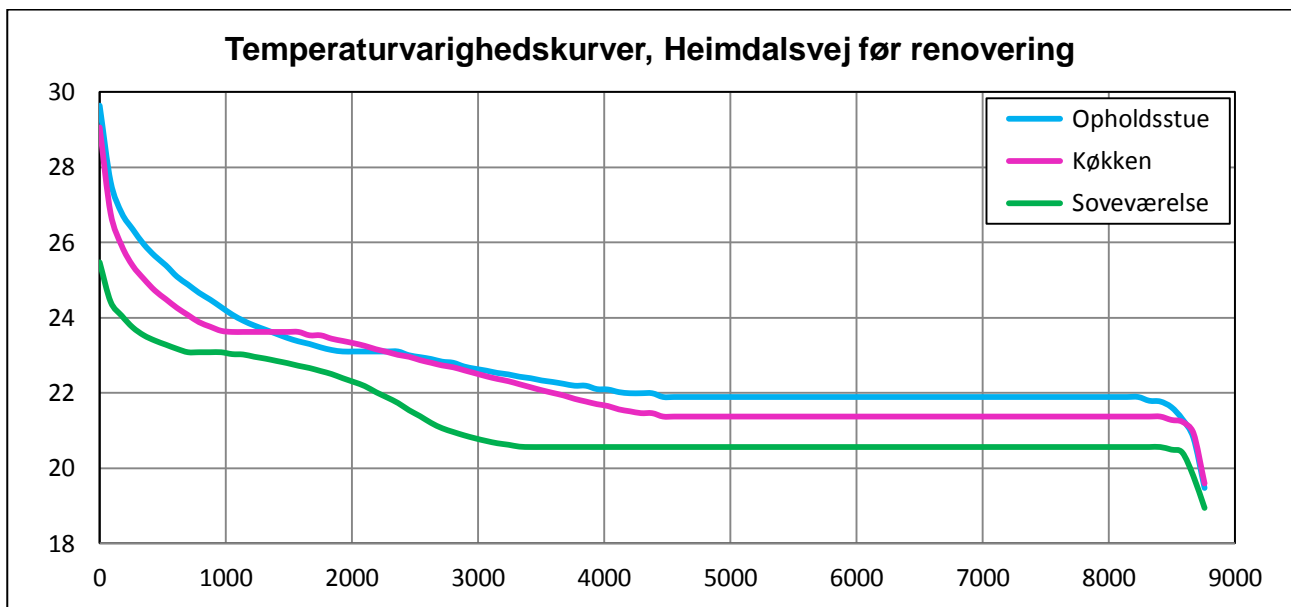
Den beregnede varmebalance før renoveringen er vist i figur 61. Balancen viser, at der er store varmetab ved transmission og infiltration, men også at der forekommer et væsentligt varmebidrag fra solen gennem vinduerne mod sydvest. Der er regnet med solafskærmning for alle vinduer, når solindfaldet gennem det enkelte vindue overstiger 150 W/m². Til energiforbruget skal lægges varmeforbrug til varmt brugsvand, elforbrug til ventilation (mekanisk udsugning) samt elforbrug til pumper (varmt brugsvand). Tabel 18 viser nøgletallene for energiforbrug/-behov, som anvendes ved energirammeberegningen. Det vægtede energibehov beregnet i BSim ligger på 89,7 kWh/m² pr. år. Det bemærkes, dels at der er tale om et beregnet energibehov, og dels at beregningerne er foretaget for en indeliggende lejlighed. For en gennemsnitslejlighed eller for boligblokken som helhed vil det beregnede energibehov ligge 25-30 % højere.

Tabel 18. Nøgletal for energiforbrug, som anvendes ved energirammeberegning.

Energi	kWh/år	kWh/m ² pr. år	Vægtet, kWh/m ² pr.
Opvarmning	7.785	73,8	73,8
Varmt brugsvand	1.000	9,5	9,5
Ventilation	100	1,0	2,4
Pumper	30	0,5	1,25
I alt	8.915	84,8	89,7

5.4.2.1.2 Termisk indeklima før renovering på Heimdalsvej

Figur 1 viser varighedskurver for indetemperaturen i de tre hovedrum i boligen, Opholdsstue, køkken og soveværelse. Graferne viser, at de valgte opvarmningssætninger kan opretholdes hele året. Kun i ganske få timer uden for opvarmningssæsonen, falder temperaturen under 20 °C, fordi der ikke er varme på radiatorerne. Graferne viser også, at der er enkelte temperaturer over 26 °C i opholdsstue og køkken, hvilket ikke betragtes som et problem her. Simuleringen af temperaturen på altanen viser derimod, at der både er problemer med for lave temperaturer og for høje temperaturer. Dette er nærmere beskrevet i afsnittet om indeklima efter renovering, og fremgår af figur 6.



Figur 1. Varighedskurver for den operative temperatur i de tre hovedrum af boligen, før renovering. Kurverne viser, at der ikke er væsentlige problemer med for lave eller for høje temperaturer.

5.4.2.2 Renovering af Heimdalsvej

Ved renoveringen indgår følgende tiltag af betydning for energiforbrug og indeklima i den aktuelle lejlighed:

- Efterisolering af klimaskærm
- Udskiftning af alle vinduer
- Behovsstyret mekanisk udsugning

Udskiftning af lette ydervægge på 1-3 sal

Eksisterende 100 mm træskelet med 75 mm isolering - 10 % træ, 90 % isolering og pladebeklædning erstattes af nye lette 425 mm ydervægselementer med 10 % træ og 90 % isolering kl. 34. Dette giver en ny U-værdi på 0,11 W/m² K. Det høje isoleringsniveau i de nye facader vil bidrage til et bedre indeklima, idet eksisterende kuldebroer og træk fra utætheder elimineres. Udskiftningen vil desuden sikre at eksisterende problemer med fugt og skimmelsvamp fjernes.

Udskiftning af vinduer

Eksisterende vinduer med termoruder med en U-værdi 2,8 W/m²K udskiftes med nye vinduer med 3-lags energiruder, g = 0,6, uden linjetab og en U-værdi på 0,9 W/m² K.



Figur 2. Eksisterende vinduer med gamle termoruder (t.v.) udskiftes med nye vinduer med 3-lags lavenergivinduer (t.h.). I stuen forøges vindues- og glasareal, således at lysindfaldet ikke reduceres men tværtimod øges.

Behovsstyret, balanceret ventilation

Eksisterende mekanisk udsugning fra køkken og bad i boligerne med en standard ventilationsrate på 0,3 l/s m². Der etableres decentralt behovsstyret balanceret ventilation med en varmegenvindingsgrad på 0,91. Ventilationsraten er 0,3 l/s pr m² med en SEL-værdi på 0,97. Bygningens tæthed holdes på kravet for lavenergibygning klasse 2015, hvor luftskiftet ikke må overstige 1,0 l/s pr m² opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa. Dette medfører en infiltration på gennemsnitlig: $0,04 + 0,06 * 1 \text{ l/s pr. m}^2 = 0,1 \text{ l/s pr. m}^2$. Ventilationsanlægget består af små individuelle anlæg i hver lejlighed. Friskluftindtag sker via kanaler ført under loft fra facade til installationsskab. Udsugning sker via ny lodret aftrækskanal med afkast over tag. I boliger udsuges fra toilet og baderum samt køkken. Indblæsningskanaler fremføres til hvert af de øvrige rum over sænket loft i gang afsluttet med vægplaceret indblæsningsarmatur.

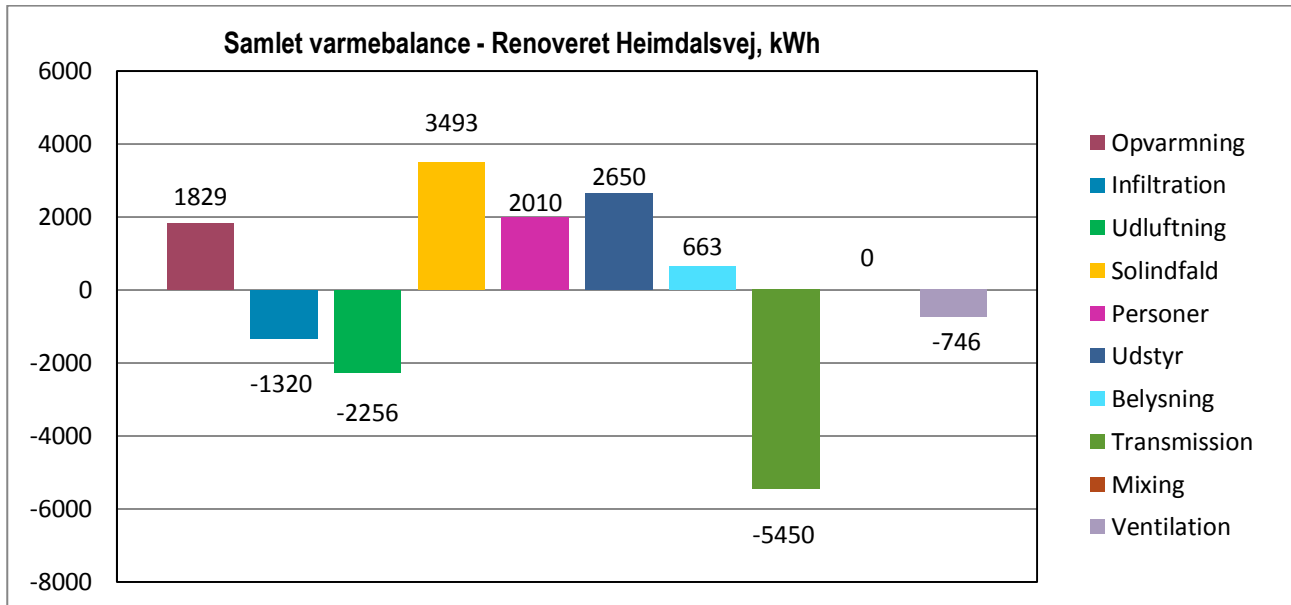


Figur 3 Ventilationsystem.

5.4.2.2.1 Energibalace efter renovering

Figur 4 viser den simulerede energibalace efter renoveringen. Sammenlignet med balancen før renoveringen, ses det, at varmetabene ved transmission og infiltration er reduceret markant. På grund af de nye 3-lags lavenergiruder reduceres solvarmebidraget også betydeligt, men dette er primært til gavn for det ter-

miske indeklime. Alt i alt reduceres opvarmningsbehovet til mindre end 25 % af det oprindelige behov, jf. figur 4.



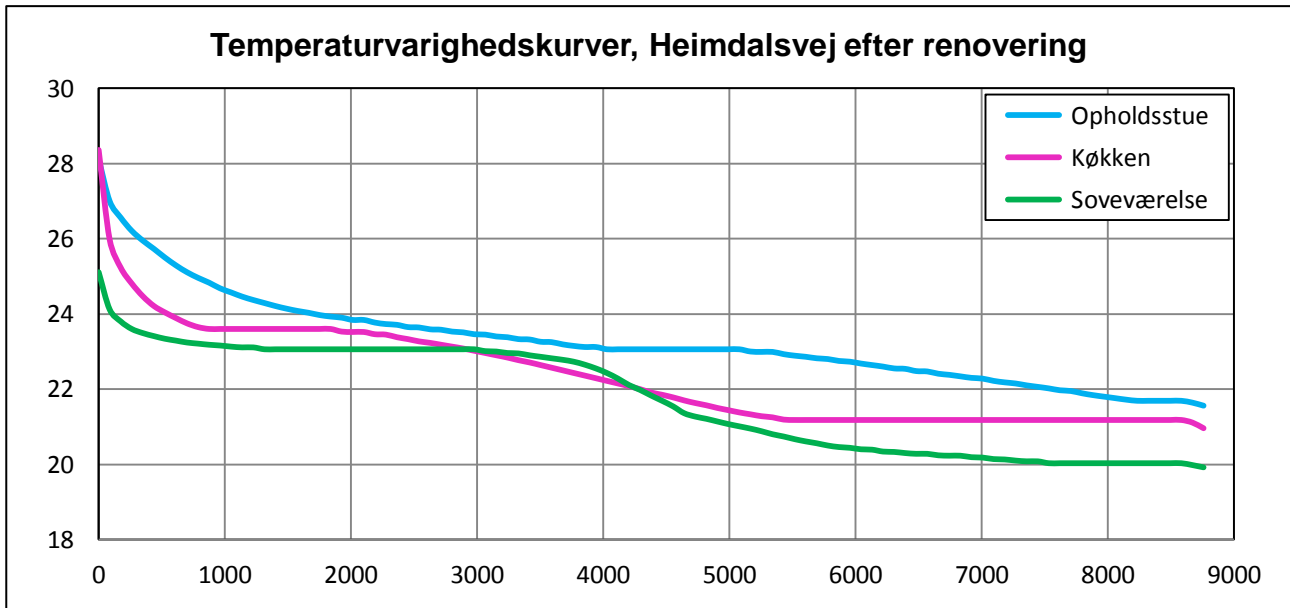
Figur 4. Samlet varmebalance efter renovering af Heimdalsvej. Tabene ved transmission og infiltration reduceres markant ved renoveringen, og varmebehovet reduceres med mere end 75 %.

Tabel 19. Nøgletal for energiforbrug efter renovering af Heimdalsvej.

Energi	kWh/år	kWh/m ² pr. år	Vægtet, kWh/m ² pr. år
Opvarmning	1.829	17,3	17,3
Varmt brugsvand	900	8,5	8,5
Ventilation	290	2,7	6,9
Pumper	30	0,3	0,7
I alt	3.049	28,8	33,4

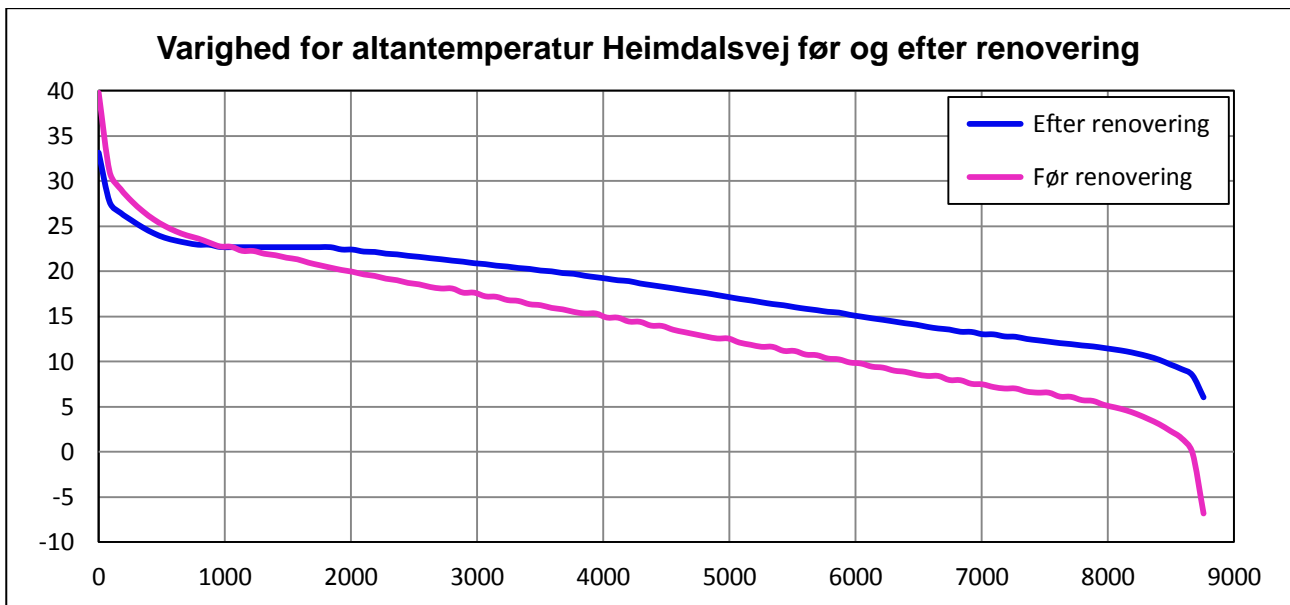
5.4.2.2.2 Termisk indeklime efter renovering

Figur 5 viser varighedskurver for den operative temperatur i de tre hovedrum i boligen på Heimdalsvej. Kurverne viser, at der kan holdes et godt termisk indeklime hele året. Overtemperaturerne er reduceret lidt på grund af lavere solindfald, mens problemet med, at temperaturen kommer under 20 °C i enkelte dage uden for opvarmningssæsonen, er helt elimineret. I praksis vil forbedringen af det termiske indeklime opleves større, idet træk og kuldenedfald fra vinduerne ikke forekommer efter renoveringen.



Figur 5. Varighedskurver for indetemperaturen i de vigtigste rum efter renovering af Heimdalsvej. Det termiske indeklima er

En vigtig faktor for beboernes oplevelse af renoveringen er, at altanens anvendelsesmuligheder er forbedret markant, idet der etableres en ny højisoleret klimaskærm uden på den eksisterende uopvarmede altan. Figur 6 viser varigheden af temperaturen på altanen, før og efter renoveringen. Kurverne viser, at temperaturen er markant forbedret i vinterperioden og også lidt i den varmeste tid af året, og der vil derfor være betydelig bedre muligheder for at anvende den uopvarmede altan næsten hele året rundt.



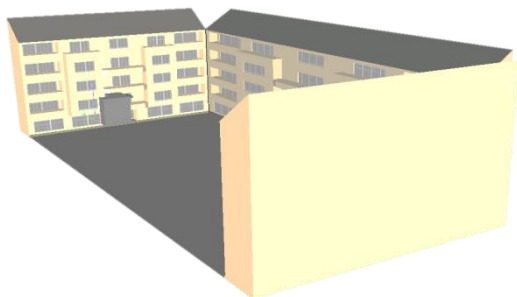
Figur 6. Varighedskurver for temperaturen på altanen før og efter renoveringen af Heimdalsvej.

5.5 Renoveringernes betydning for dagslyset

Dagslysforholdene før og efter energirenovering af Lyshøjgård og for Heimdalsvej, er analyseret med programmet Dialux 4.11. Alle dagslysberegninger er foretaget med en standard overskyet himmel (CIE 110-1994), og alle beregninger er foretaget for højden 0,8 m over gulvhøjde.

5.5.1 Lyshøjgård

For en repræsentativ lejlighed i Lyshøjgård er dagslyset simuleret for køkken og soveværelse. Værelserne er beliggende ind mod gårdrummet, og der er foretaget beregninger for en typisk lejlighed på henholdsvis 3. og 1. sal, for at vurdere gårdrummets betydning for det resulterende dagslys i den eksisterende situation og ved to renoveringsscenarier.



Figur 68. Placering af den repræsentative lejlighedstype på 1. sal for dagslyssimulering i forhold til det omgivende gårdrum.

5.5.1.1 Beregningsforudsætninger

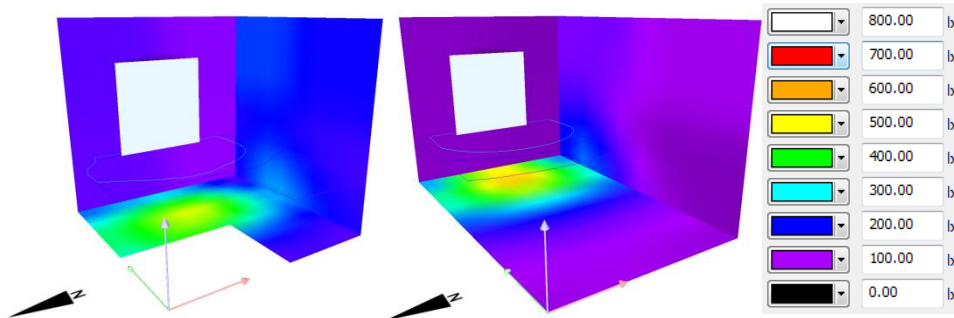
Følgende reflektanser er benyttet for lejlighedens indvendige overflader. Middelreflektansen er lidt over 0,4, svarende til en lejlighed malet i relativt lyse overflader:

Overflade	Reflektans
Loft	0,7
Gulv	0,2
Vægge	0,4

Følgende egenskaber er antaget for de forskellige ruders lystransmittans:

Rudetype	Samlet lystransmittans
Eksisterende	0,80
Ny 3-lags energirude	0,71
Eksisterende 2-lags rude og glasoverdækket gårdrum	0,58

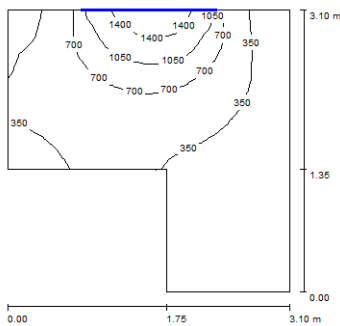
I scenariet med ny 2-lags termorude, kombineret med en glasoverdækning af gårdrum, er transmittansen for en 2-lags termorude på 0,80 korrigeret for glasoverdækningen med en samlet beregnet transmittans på 0,73. Den resulterende transmittans er 58 %. Placering af vindue i model i ydervæg er vist i nedenstående figur for henholdsvis køkken og soveværelse.



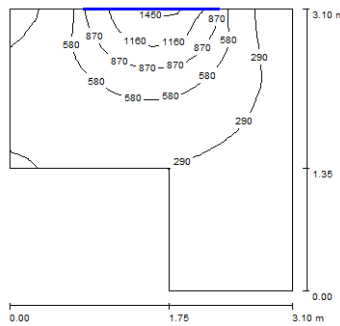
Figur 69. Placering af vindue i køkken (tv) og soveværelse (th).

5.5.1.2 Dagslysregninger for køkkenet

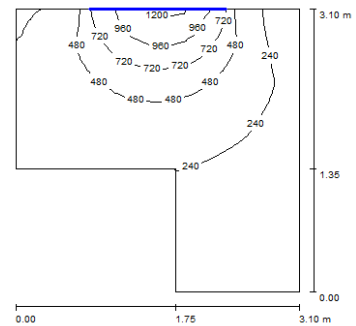
Nedenstående figur viser fordelingen af dagslyset i køkkenet ved tre forskellige scenarier for henholdsvis 3. sal og 1. sal. Første scenarie viser de eksisterende forhold med 2-lags rude (tv), andet scenarie viser dagslysforhold med en ny 3-lags energirude (midt), og tredje scenarie viser dagslysforhold med den eksisterende 2-lags rude kombineret med et glasoverdækket gårdrum (th).



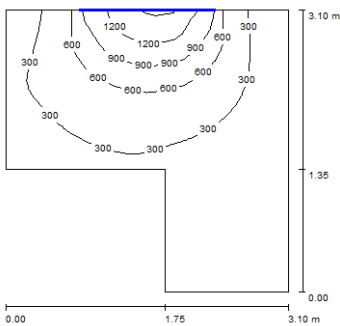
3. sal med 2-lags rude



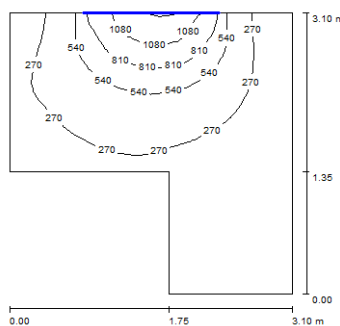
3. sal med 3-lags rude



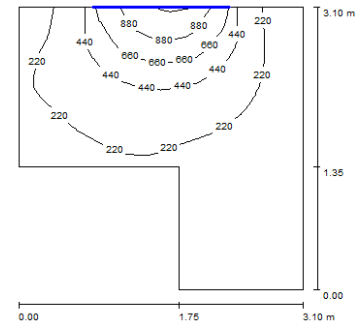
3. sal med glasoverdækning



1. sal med 2-lags rude



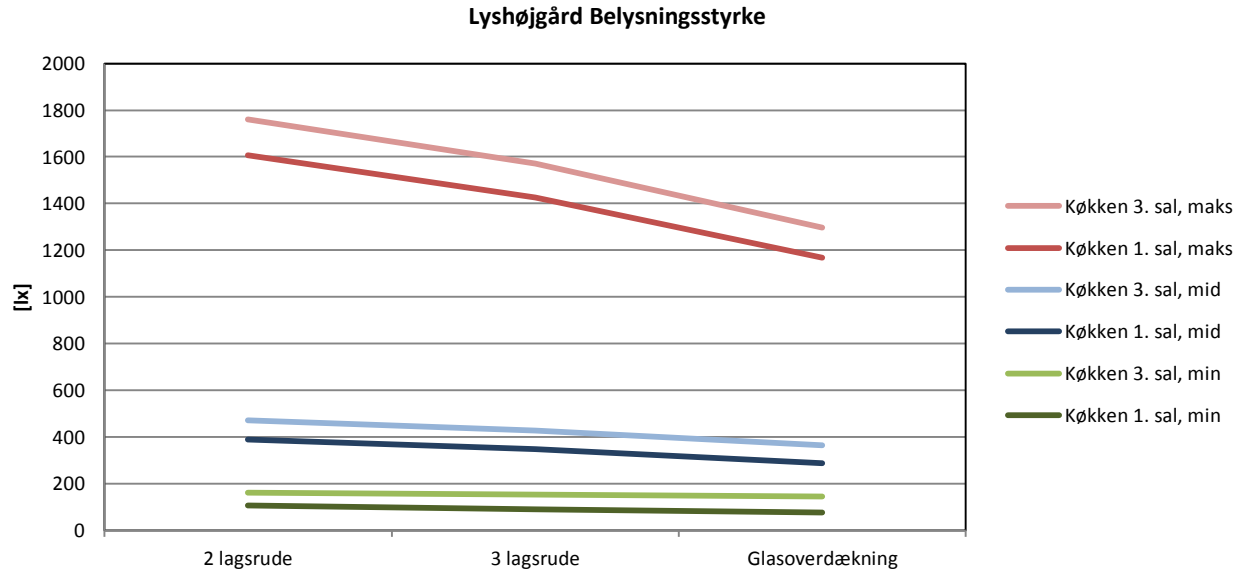
1. sal med 3-lags rude



1. sal med glasoverdækning

Figur 7. Fordeling af belysningsstyrke for køkkenet i lejlighed på 3. sal (øverst) og 1. sal (nederst) ved henholdsvis 2-lags rude, 3-lags rude og 2-lags rude med glasoverdækning af gårdrum.

Figur 8 viser de beregnede belysningsstyrker i køkkenet for henholdsvis 3. sal og 1. sal, med angivelse af middelværdi, maksimum og minimum. Belysningsstyrkerne er indekseret i nedenstående tabel med eksisterende lejlighed beliggende på 3. sal som reference.



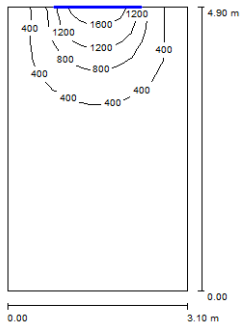
Figur 8. Beregnede belysningsstyrker maks., middel og min. (lux) ved de tre scenarier og i køkkenet på henholdsvis 1. og anden 3. sal ved en CIE-overskyet himmel, som på en vandret flade i det fri giver en belysningsstyrke på 10.000 lux.

Figuren viser, at dagslysniveauet (middelbelysningsstyrken) falder ca. 9 % ved at skifte til 3-lags rude, og ca. 22 % ved at glasoverdække gårdrummet. Til sammenligning er middelbelysningsstyrken på første sal ca. 17 % mindre end middelbelysningsstyrken på fra 3. sal.

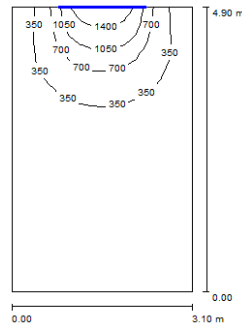
Index	2-lags rude	3- lags rude	Glasoverdækning
Køkken 3. sal, maks	100	89	74
Køkken 1. sal, maks	91	81	66
Køkken 3. sal, mid	100	91	78
Køkken 1. sal, mid	83	74	61
Køkken 3. sal, min	100	95	89
Køkken 1. sal, min	66	56	47

5.5.1.3 Dagslysberegninger for soveværelse

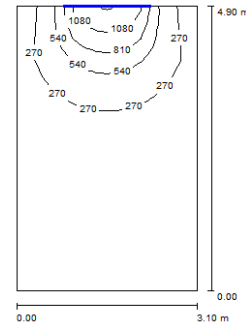
Nedenstående figur viser de beregnede dagslysfordelinger i soveværelset ved tre forskellige scenarier for henholdsvis 3. sal og 1. sal. Første scenarie viser de eksisterende forhold med 2-lags rude (tv), andet scenarie viser dagslysfordeling med en ny 3-lags energirude (midt), og tredje scenarie viser dagslysfordeling med den eksisterende 2-lags rude kombineret med et glasoverdækket gårdrum (th).



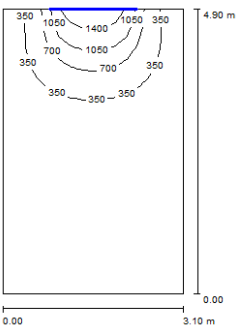
3. sal med 2-lags rude



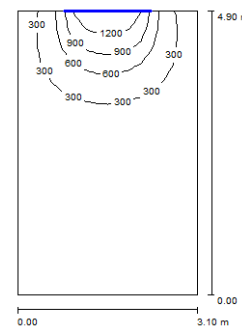
3. sal med 3-lags rude



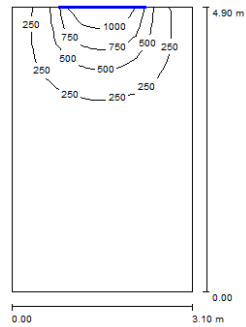
3. sal med glasoverdækning



1. sal med 2-lags rude



1. sal med 3-lags rude

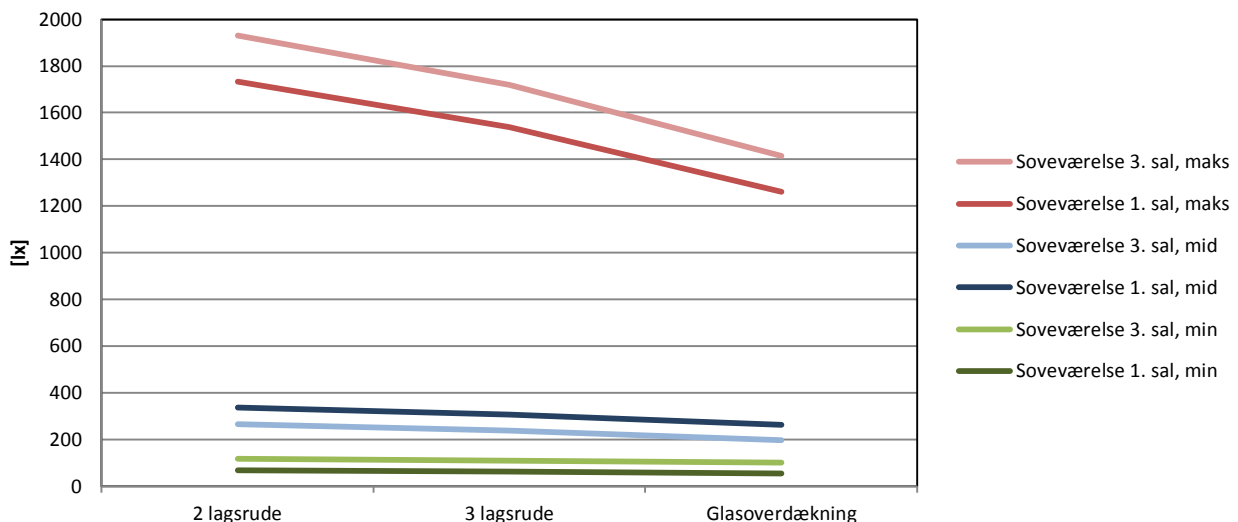


1. sal med glasoverdækning

Figur 9. Fordeling af belyningsstyrke for soveværelse i lejlighed på 3. sal (øverst) og 1. sal (nederst) ved henholdsvis 2-lags rude, 3-lags rude og 2-lags rude med glasoverdækning af gårdrum.

Figur 9 viser de beregnede belyningsstyrker, for soveværelse på henholdsvis 3. sal og 1. sal, med angivelse af middelværdi, maksimum og minimum. Belysningsstyrkerne er indekseret i nedenstående tabel med eksisterende lejlighed beliggende på 3. sal som reference.

Lyshøjgård Middelbelysningsstyrke



Figur 10. Beregnede belysningsstyrker maks., middel og min. (lux) ved de tre scenarier og i soveværelset på henholdsvis 1. og anden 3. sal ved en CIE-overskyet himmel, som på en vandret flade i det fri giver en belysningsstyrke på 10.000 lux.

Figuren viser, at dagslysniveauet (middelbelysningsstyrken) falder ca. 9 % ved at skifte til 3-lags rude, og ca. 23 % ved at glasoverdække gårdrummet. Til sammenligning er middelbelysningsstyrken på første sal ca. 21 % mindre end middelbelysningsstyrken på 3. sal.

Index	2-lags rude	3-lags rude	Glasoverdækning
Køkken 3. sal, maks	100	98	80
Køkken 1. sal, maks	90	87	72
Køkken 3. sal, mid	100	91	77
Køkken 1. sal, mid	79	70	58
Køkken 3. sal, min	100	68	63
Køkken 1. sal, min	59	39	34

5.5.2 Heimdalsvej

Daglysforholdene er undersøgt for køkken (inkl. altan) og stue, for en lejlighed på Heimdalsvej. Da lejlighederne ligger med frit udsyn fra begge facadeorienteringer er der ikke umiddelbart nogen markante skyggende elementer. Af denne årsag er der ikke foretaget variation for lejlighedens højdemæssige placering. Der er foretaget parametervariationer for lejlighedens indvendige overfladeegenskaber, svarende til en meget lys og en mindre lys lejlighed.

5.5.2.1 Beregningsforudsætninger

Følgende lysreflektanser er anvendt for overfladerne i henholdsvis en lys og en mindre lys lejlighed:

Overflade	Reflektans (lys og mindre lys lejlighed)
Loft	0,7 / 0,7
Gulv	0,2 / 0,1
Vægge	0,4 / 0,4

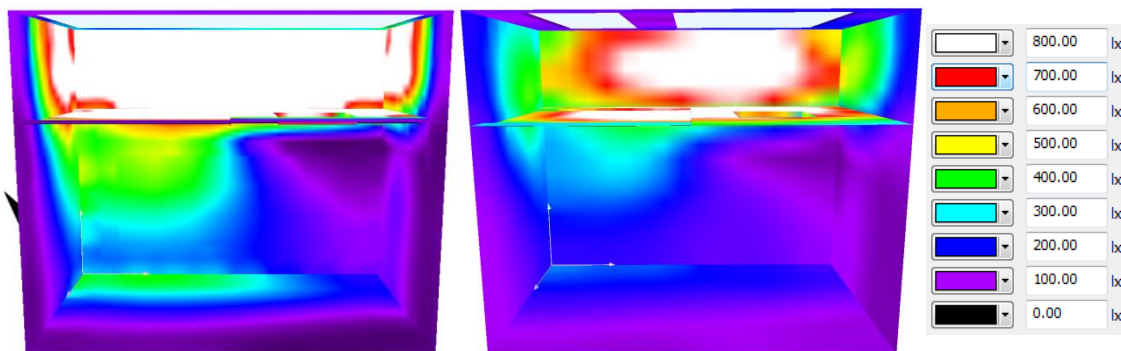
Følgende egenskaber er antaget de forskellige ruders lystransmittans:

Rudetype	Lystransmittans
Eksisterende 1-lags rude i altan	0,90
Eksisterende 2-lags rude i køkken	0,80
Ny 3-lags rude i altan	0,74

Ved udskiftning af det eksisterende vindue ændres det 4,5 m brede vindue til 2 vinduer med en bredde på henholdsvis 1,00 m og 2,00 m. Vindueshøjden er stort set uændret. Placering af vinduerne er vist på nedenstående fotos før og efter energirenovering. Figur viser placering af vindue i model, set ovenfra, for køkken/altan før og efter energirenovering.



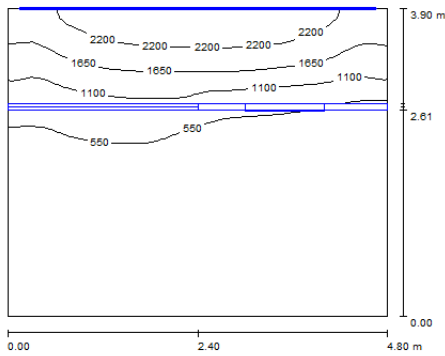
Figur 11. Inddækkede altaner med enkeltglas før energirenovering (tv og midt). Inddækkede altaner med 3-lags ruder efter energirenovering (th).



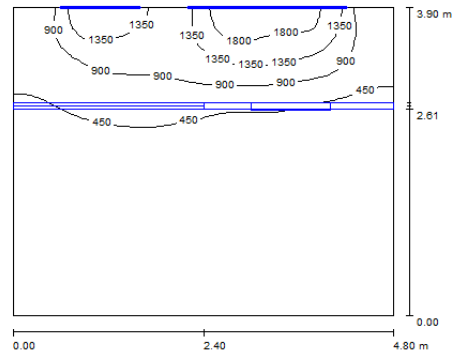
Figur 12. Placering af vindue før energirenovering (tv) og efter energirenovering (th).

5.5.2.2 Dagslysforhold i køkken/altan

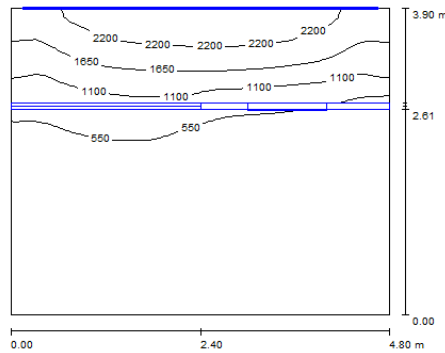
Nedenstående figur viser fordeling af belysningsstyrke i køkken/altan i de to scenarier for henholdsvis en lejlighed med meget lyse overflader (øverst) og for en lejlighed med mindre lyse overflader (nederst). Figurerne til venstre viser de eksisterende dagslysforhold med enkeltglas i glasinddækket altan og med 2-lags rude i køkkenydervæg (tv.), og figurerne til højre viser dagslysforholdene med en ny 3-lags energirude i altan og med eksisterende 2-lags rude i køkkenydervæg (th.).



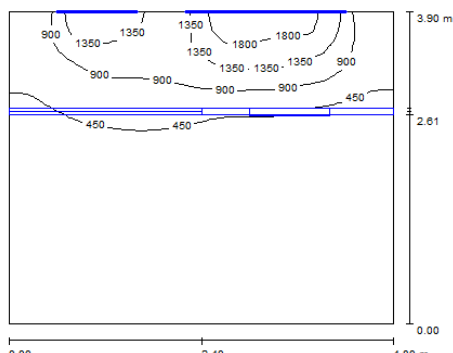
Eksisterende 1+2 lags rude, lys lejlighed



Ny 3+2 lags rude, lys lejlighed



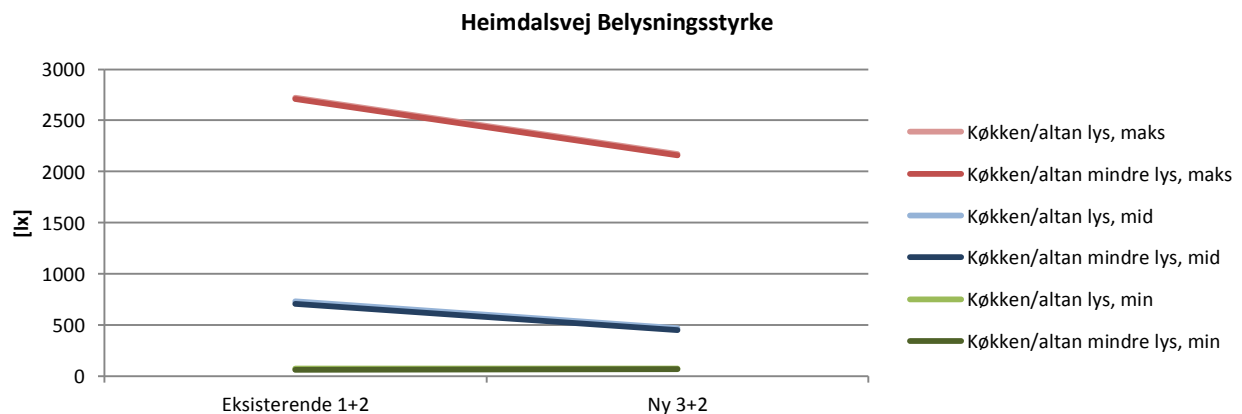
Eksisterende 1+2 lags rude, mindre lys lejlighed



Ny 3+2 lags rude, mindre lys lejlighed

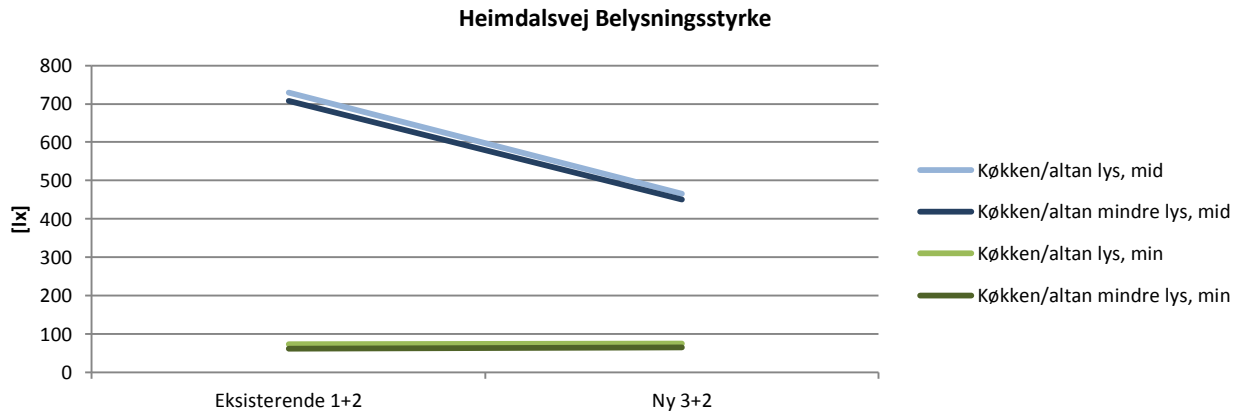
Figur 13. Fordeling af belysningsstyrke i køkken/altan for den eksisterende situation (tv.), henholdsvis den renoverede lejlighed med 3-lags ruder i altanen, samt for henholdsvis en lejlighed med meget lyse overflader (øverst) og for en lejlighed med mindre lyse overflader (nederst).

Figuren viser, at dagslysniveauet (middelbelysningsstyrken) falder ca. 36 % ved at skifte det eksisterende enkeltglas ud med nye 3 lagsvinduer (ændret vinduesareal). Vinduesudskiftningen har dog stort set ingen betydning for minimums belysningsstyrken.



Figur 14. Beregnede belysningsstyrker maks., middel og min. (lux) for den eksisterende situation og efter renoveringen i køkkenet ved en CIE-overskyet himmel, som på en vandret flade i det fri giver en belysningsstyrke på 10.000 lux.

Nedenstående figur viser et udsnit af ovenstående figur i en anden skala for bedre at vise forskellen mellem en lys og en mindre lys lejlighed.



Figur 15. Samme figur som ovenfor i anden skala for at tydeliggøre forskellen mellem en lys og en mindre lys lejlighed.

Tabel 20 Lysforhold.

Index	Eksisterende 1+2	Ny 3+2
Køkken/altan lys, maks	100	80
Køkken/altan mindre lys, maks	99	79
Køkken/altan lys, mid	100	64
Køkken/altan mindre lys, mid	97	62
Køkken/altan lys, min	100	101
Køkken/altan mindre lys, min	84	89

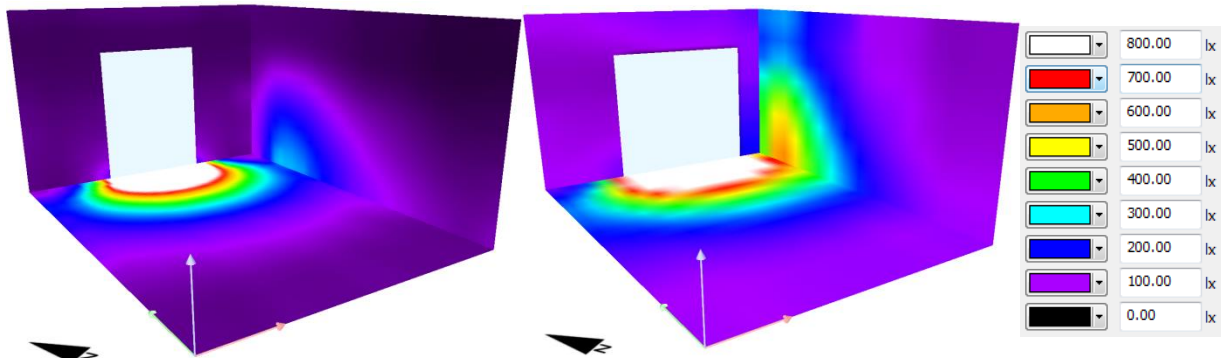
5.5.2.3 Dagslysforhold i stue

I stuen udskiftes de eksisterende 2-lagsvinduer til 3-lags ruder. Ved vinduesudskiftningen forøges vinduesbredden fra 1,8 m til 2,62 m. Vindueshøjden på 2,30 m er uændret.

Placering af vinduerne i stuen er vist på nedenstående fotos før (tv) og efter energireovering (th). Figur 12 viser placering af vindue i model for stuen før og efter energireovering.

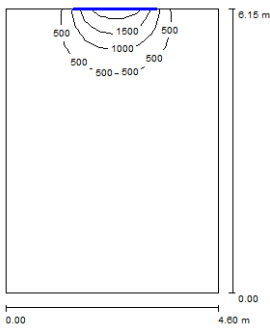


Figur 79. Placering af vinduerne i stue før (tv) og efter vinduesforøgelse ved energireovering (th).

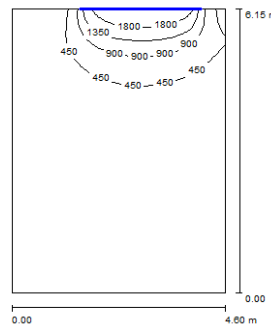


Figur 16. Placering af vinduerne i model for stue før (tv) og efter energirenovering (th).

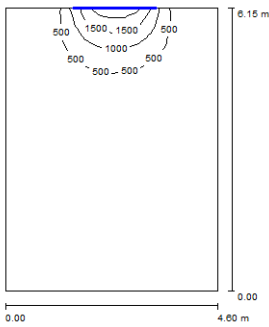
Nedenstående figur viser fordeling af belysningsstyrken i stuen.



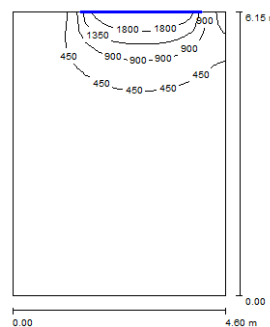
Eksisterende 1+2 lags rude, lys lejlighed



Ny 3+2 lags rude, lys lejlighed



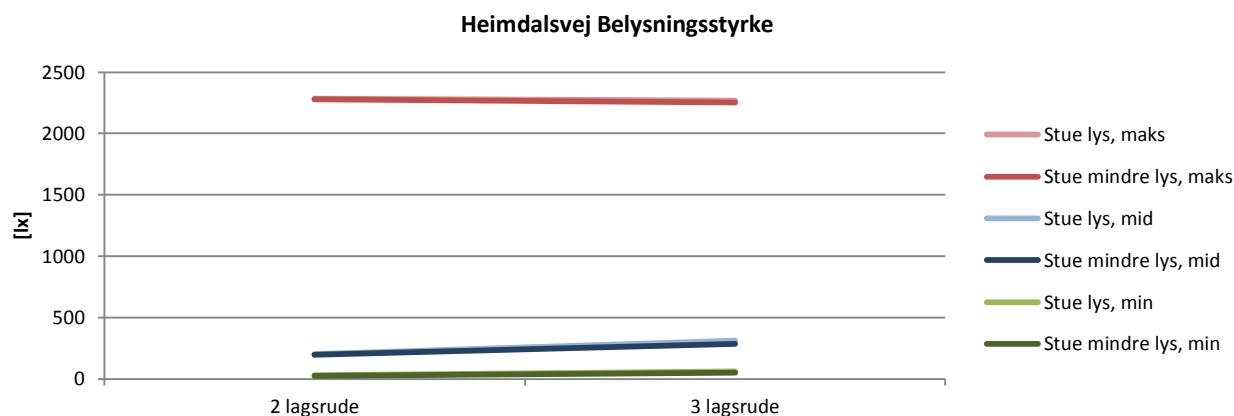
Eksisterende 1+2 lags rude, mindre lys lejlighed



Ny 3+2 lags rude, mindre lys lejlighed

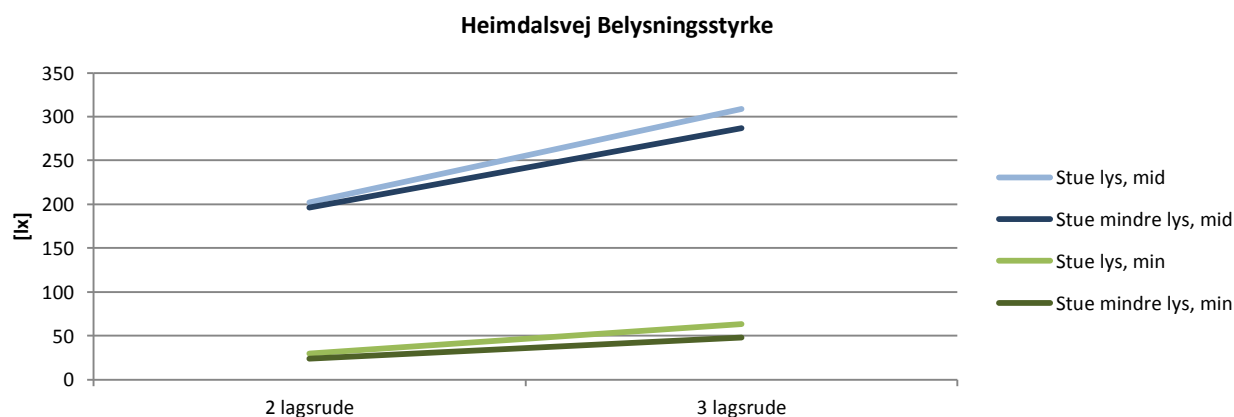
Figur 17. Fordeling af belysningsstyrken i stuen før og efter renovering i henholdsvis en lys (øverst) og en mindre lys lejlighed (nederst).

Nedenstående figur viser de beregnede belysningsstyrker, for henholdsvis køkken/altan og stue, med angivelse af middelværdi, maksimum og minimum.



Figur 18. Beregnede belysningsstyrker maks., middel og min. (lux) for den eksisterende situation og efter renoveringen i soveværelse ved en CIE-overskyet himmel, som på en vandret flade i det fri giver en belysningsstyrke på 10.000 lux.

Lyse og mindre lyse overflader har stort set ingen betydning for den maksimale belysningsstyrke. Overfladereflektansen har dog stor betydning for områder med lav belysningsstyrke. Middel og minimum-belysningsstyrke er vist i nedenstående figur. Af figuren ses, at overfladereflektansen har større betydning i scenariet med det større vinduesareal med 3 lags rude frem for det mindre vinduesareal med 2 lags rude.



Figur 19. Samme figur som ovenfor med anden skala for at tydeliggøre ændringer i min. og middel belysningsstyrker. Beregnede belysningsstyrker maks., middel og min. (lux) for den eksisterende situation og efter renoveringen i soveværelse ved en CIE-overskyet himmel, som på en vandret flade i det fri giver en belysningsstyrke på 10.000 lux.

Belysningsstyrkerne er indekseret i nedenstående tabel med belysningsstyrker i en eksisterende lys lejlighed som reference.

Tabel 21 Lysforhold.

Index	Eksisterende 1+2	Ny 3+2
Stue lys, maks	100	99
Stue mindre lys, maks	100	99
Stue lys, mid	100	153
Stue mindre lys, mid	97	142
Stue lys, min	100	210
Stue mindre lys, min	80	160

Tabellen viser, at forøgelsen af rudearelaet har stor betydning, både for middel-belysningsstyrken, som øges med ca. 50 %, og for minimum belysningsstyrken som øges med godt 100 %.

6 Erfaringer fra mock-up Heimdalsvej

I forbindelse med energirenovering af etageboligerne på Heimdalsvej, Frederikssund, blev der etableret en Mock-up. At indlede en omfattende renovering med en fysisk mock-up er en meget nyttig fremgangsmåde, da det herved er muligt, at foretage egentlige afprøvninger af koncept og design inden selve udførelsen finder sted.

En mock-up af en lejlighed på Heimdalsvej, blev gennemgået af et byggeudvalg, som fandt flere fejl og mangler. De fleste fejl og mangler bestod af detaljeringer i finish, så som ønskede ændringer til skyggelister, greb og farvevalg, men der blev også fundet fejl og mangler vedr. tekniske installationer som f.eks. placering af radiatortermostat, adgangsforhold i ventilationsskab, placering og adgangsforhold for målere mv.

Mock-up'en tjente desuden det formål, at det var muligt at komme diverse utætheder i klimaskærmen i forkøbet ved hjælp af trykprøvning. En øvelse som er meget hensigtsmæssig at foretage på et meget tidligt tidspunkt, idet dette kan være særdeles omkostningsfuldt at udbedre efterfølgende.

7 Økonomi

For begge projekter er udarbejdet et prissat dispositionsforslag som grundlag for beboerbeslutning om en efterfølgende realisering af det udarbejde projekt i fuldt eller reduceret omfang.

7.1 Prissætning

7.1.1 Heimdalsvej

Det samlede budget for energirenoeringen af Heimdalsvej var på ca. 60 mio. kr. inkl. moms. Projektet er finansieret af beboernes reducerede varme- og drifts- og vedligeholdelsesudgifter, opsparing samt realkreditlansfinansiering med gunstig forrentning, med en godkendt merudgift for den enkelte lejligheds samlede månedlige udgift til varme og husleje på maksimalt 200,- kr. efter gennemførelsen af energirenoeringen.

For at skabe beslutningsgrundlaget for projektet, har ejendomsselskabet, Domea, foretaget en serie konsekvensberegninger af de fremtidige varmeudgifter. Disse er vedlagt rapporten som Bilag 1. Derudover er der blevet forhandlet en ny varmeafregningsform med det lokale fjernvarmewærk, således at afregningen i højere grad baseres på det aktuelle forbrug og i mindre grad af den faste afgift.

Det blev til den ekstraordinære generalforsamling om en eventuel igangsætning af projektet vedtaget, med 100 % tilslutning, at realisere det prissatte dispositionsforslag med renovering til Lavenergiklasse 1 niveau.

Prissat dispositionsforslag for Heimdalsvej

I forbindelse med energirenoeringen af Heimdalsvej blev der prissat to scenarier:

- Energirenoering til BR08-niveau
- Energirenoering til lavenergiklasse 1-niveau iht. BR08

I begge scenariaer er desuden indeholdt en renovering af boligblokkenes brugsvandsinstallationer på i alt ca. 1,9 mio. kr. Renovering af brugsvandsinstallationerne bidrager ikke meget til energibesparelser men skulle udskiftes pga. udtjent levetid. Priserne blev fastlagt ved brug af erfaringspriser og V&S prisbøger. De prissatte dispositionsforslag er angivet i Tabel 22 og Tabel 23.

Tabel 22. Prissætning af renovering efter BR08.

Pos	Område	Aktivitet	M2	I alt
1.00.0	Håndværkerudgifter			
	Beregning for 4 identiske boligblokke			
1.00.0	Byggeplads			
1.00.1	Etablering og afrigning	m2 - ombygning	15.217	122.432
1.00.2	Drift af byggeplads	m2 - ombygning	15.217	2.363.361
	Bygninger udvendigt			
1.01.1	Hegn på haveside og retablering af arealer	m2 - ombygning	16	1.039.880
1.01.3	Etablering af uopvarmet rum i stueetage	m2 - ombygning	496	1.581.658
1.01.4	Isolering betonsandwich elementer i stueetage	m2 - ombygning	1.286	2.725.284
1.01.5	Isolering af af gavle på betonbagvægge 4 blokke	m2 - ombygning	936	1.883.998
1.01.6	Isolering af facader - nye præfabrikerede elementer	m2 - ombygning	3.531	9.627.296
1.01.7	Karnapper foran altaner	stk - ombygning	16	697.440
1.01.8	Vinduer og udvendige døre	m2 - ombygning	3.077	11.253.983
1.01.9	Renovering tag i alt 4 blokke	m2 - ombygning	3.802	242.411
	Indvendige arbejder			
1.02.2	Rep af gulve, lofter og vægge i værelser	m2 - ombygning	795	364.889
1.02.3	Nedtagning radiatorer	stk - ombygning	336	64.589
	Ventilation - udsugning			
1.03.1	Udsugningsventilatorer	stk - ombygning	8	111.200
	Brugsvandsinstallationer			
1.04.1	Etablering af nye brugsvandsinstallationer	stk - ombygning	112	1.856.960
1.04.2	Demontering af vandrette rørforinger i jord	m - ombygning	44	110.500
1.04.3	Etablering af vandrette rørforinger i jord	m - ombygning	44	59.325
1.04.4	Reetablering af jord	m - ombygning	44	45.084
	Faldstammer			
1.05.1	Demontering af afløbsledninger i krybekælder	m - ombygning	620	328.600
1.05.2	Afløbsledninger af støbejern at levere og anbringe i kry	m - ombygning	620	1.523.960
	Brugsvandsinstallationer samlet, medtælles ikke			3.924.429
1.10.0	Beregnete håndværkerudgifter i alt ekskl.moms.		-	32.078.422
1.10.1	Konjunkturregulering med faktor		0,75	
1.10.2	Håndværkerudgifter i alt ekskl.moms.		15.217	24.058.816
	3.00.0 DIVERSE	Pct.		
3.01.1	Risikovurdering - uforudseelige udg.	8	%	1.924.705
3.01.1	Vejrligsforanstaltninger	2	%	481.176
3.00.0	DIVERSE			2.405.882
	4.00.0 OMKOSTNINGER	M2		
4.01.1	Byggetilladelse	15.217	20	304.332
4.01.1	Forsikringer All-risk	15.217	25	380.414
4.03.2	Totalrådgivning	11,5	%	3.043.440
4.04.1	Reproduktion	15.217	15	228.249
	OMKOSTNINGER			3.956.435
	Byggeomkostninger excl. moms.			30.421.133
	5.00.0 Andre udgifter			
	Prisstigninger fra dagspriser	net prisniveau 121	2,5%	300.735
	administration DOMEA	2,5	%	760.528
	Tilslutningsafgifter anslået (ing.)			100.000
	Byggelånsrenter	4,0	%	608.423
	Øvrige omkostninger, rejsegilde mm.			35.000
5.00.0	Andre udgifter			1.804.686
	I ALT EXCL. MOMS	15.216,6	2.118	32.225.819
	Moms			8.056.455
	I ALT INCL. MOMS	15.216,6	2.647	40.282.273

Tabel 23. Prissætning af renovering efter energiklasse 1.

Pos	Område	Aktivitet	M2	I alt
1.00.0	Håndværkerudgifter			
	Beregning for 4 identiske boligblokke			
1.00.0	Byggeplads			
1.00.1	Etablering og afrigning	m2 - ombygning	15.793	124.161
1.00.2	Drift af byggeplads	m2 - ombygning	15.793	2.533.799
1.01.0	Bygninger udvendigt			
1.01.1	Hegn på havesejde og retablering af arealer	stk - ombygning	16	1.030.280
1.01.2	Fundamentsisolering	m2 - ombygning	710	2.188.475
1.01.3	Etablering af opvarmet rum i stueetage	m2 - ombygning	488	1.784.362
1.01.4	Isolering betonsandwich elementer i stueetage	m2 - ombygning	1.283	3.316.497
1.01.5	Isolering af af gavle på betonbagvægge 4 blokke	m2 - ombygning	960	2.708.324
1.01.6	Isolering af facader - nye præfabrikerede elementer	m2 - ombygning	4.769	14.294.597
1.01.7	Karnapper foran altaner	stk - ombygning	16	810.723
1.01.8	Vinduer og udvendige døre	m2 - ombygning	3.077	13.502.022
1.01.9	Renovering af tag	m2 - ombygning	3.829	261.914
1.02.0	Indvendige arbejder			
1.02.2	Rep af gulve, lofter og vægge i værelser	m2 - ombygning	795	364.889
1.02.3	Nedtagning radiatorer	m2 - ombygning	332	109.692
1.03.0	Ventilation - varme genvinding			
1.03.1	Ecovent R200 inkl. styring, montage, kanaler, indtag /afkast	stk - ombygning	112	3.584.000
1.03.2	Brandsikring	stk - ombygning	112	616.000
1.03.3	El-arbejder til ventilationsanlæg	stk - ombygning	112	196.000
1.03.4	Solceller for energiklasse 1	sum	1	150.000
1.04.0	Brugsvandsinstallationer			
1.04.1	Etablering af nye brugsvandsinstallationer	stk - ombygning	112	1.856.960
1.04.2	Demontering af vandrette rørforinger i jord	stk - ombygning	44	110.500
1.04.3	Etablering af vandrette rørforinger i jord	stk - ombygning	44	59.325
1.04.4	Reetablering af jord	stk - ombygning	44	45.084
1.05.0	Faldstammer			
1.05.1	Demontering af afløbsledninger i krybekælder	stk - ombygning	620	328.600
1.05.2	Afløbsledninger af støbejern at levere og anbringe i krybekælder	stk - ombygning	620	1.523.960
	Brugsvandsinstallationer samlet, medtælles ikke			3.924.429
1.10.0	Beregnede håndværkerudgifter i alt ekskl.moms.			47.575.734
1.10.1	Konjunkturregulering med faktor		0,75	
1.10.2	Håndværkerudgifter i alt ekskl.moms.		15.793	35.681.801
3.00.0	DIVERSE		Pct.	
3.01.1	Risikovurdering - uforudseelige udg.		8 %	2.854.544
3.01.1	Vejrligsforanstaltninger		2 %	713.636
3.00.0	DIVERSE			3.568.180
4.00.0	OMKOSTNINGER		M2	
4.01.1	Byggetilladelse		15.793	315.854
4.01.1	Forsikringer All-risk		15.793	394.818
4.03.2	Totalrådgivning		11,5 %	4.513.748
4.04.1	Reproduktion		15.793	236.891
	OMKOSTNINGER			5.461.310
	Byggeomkostninger excl. moms.			44.711.291
5.00.0	Andre udgifter			
	Prisstigninger fra dagspriser	Beregnet prisniveau 121	2,5%	446.023
	administration DOMEA	2,5	%	1.117.782
	Tilslutningsafgifter anslået (ing.)			100.000
	Byggelånsrenter	4,0	%	894.226
	Øvrige omkostninger, rejsegilde mm.			35.000
5.00.0	Andre udgifter			2.593.031
	I ALT EXCL. MOMS		15.792,7	47.304.321
	Moms			11.826.080
	I ALT INCL. MOMS		15.792,7	59.130.401

7.1.2 AB Lyshøjgård

Prissat dispositionsforslag for A/B Lyshøjgård

Der er udregnet samlede priser for de tre renoveringsscenarier 1A (Forslag 1), 2A (Forslag 2) og 3A Forslag 3). Priserne er fastlagt ved brug af V&S prisbøger og erfaringstal fra tidligere udbud. De prissatte dispositionsforslag er angivet i tabellerne nedenfor.

Tabel 24

Kalkulationsark: Forslag 1		Index: 126,9		Sag nr :2428.1			
A/B Lyshøjgård				Dato :01.02.2012			
Pos:	Emne: Forslag 1	Enhed:	Antal:	a kr.	Ialt:	Tillæg	Sum
1.0	Tagudskiftning						
1.1	Nyt tag og efterisolering med 300 mm isolering	m2	3.600,00	2.500,00	9.000.000,00	1,60	14.400.000,00
1.2	Overdækning med foiltec plast membran	m2	1.400,00	4.430,00	6.202.000,00	1,60	9.923.200,00
1.3	Vandopsamling på hele matriklen, investering i begge gårde	stk	1,00	2.300.000,00	2.300.000,00	1,60	3.680.000,00
2.0	Facade mod gade						
2.1	Indvendig isolering af brystninger m 150 mm	m2	330,00	900,00	297.000,00	1,60	475.200,00
3.0	Gård						
3.1	Akustikregulering under altaner, troldekt	stk	240,00	2.500,00	600.000,00	1,60	960.000,00
3.2	Skraldesug i terræn i den gård der overdækkes, de eksisterende nedfaldsskakte bevares og bruges	stk	1,00	3.500.000,00	3.500.000,00	1,60	5.600.000,00
3.3	Glasinddækning af altaner mod gård i den halve karré	stk	120,00	50.000,00	6.000.000,00	1,60	9.600.000,00
4.0	Etageadskillelsen						
4.1	Isolering af etageadskillelse mellem kælder og stueetage, 120 mm på loft	m2	1.500,00	450,00	675.000,00	1,60	1.080.000,00
4.2	Isolering af etageadskillelse mellem kælder og stueetage, 80 mm granulat	m2	1.500,00	100,00	150.000,00	1,60	240.000,00
5.0	Stillads						
5.1	Stillads på facade	Alle	1,00	3.300.000,00	3.300.000,00	1,60	5.280.000,00
5.2	Overdækning på stillads	Alle	1,00	1.500.000,00	750.000,00	1,60	1.200.000,00
5.3	Byggeplads	Alle	1,00	1.241.000,00	1.241.000,00	1,60	1.985.600,00
6.0	Ventilation						
6.1	Behovsstyret udsugning i eksisterende kanaler inkl. nye emfang	stk	240,00	12.900,00	3.096.000,00	1,60	4.953.600,00
Sum at overføre:					37.111.000,00		59.377.600,00
Vandopsamling på hele matriklen, tilskud fra Københavns Kommune					22.785,00	5.468.400,00	
Sum efter fratrukket tilskud							53.909.200,00

Tabel 25 Scenarie 2A

Kalkulationsark: Forslag 2		Index: 126,9		Sag nr : 2428.1			
A/B Lyshøjgård				Dato : 01.02.2012			
Pos:	Emne: Forslag 2	Enhed:	Antal:	a kr.	Ialt:	Tillæg	Sum
1.0	Tagudskiftning						
1.1	Nyt tag og efterisolering med 300 mm isolering	m2	3.600,00	2.500,00	9.000.000,00	1,60	14.400.000,00
2.0	Facade mod gård						
2.1	Nye vinduer m dørparti mod gården placeret midt i isoleringen	stk	120,00	12.000,00	1.440.000,00	1,60	2.304.000,00
2.2	Nye vinduer mod gården placeret midt i isoleringen	stk	166,00	8.500,00	1.411.000,00	1,60	2.257.600,00
2.3	Udvendig efterisolering af gårdfacaderne m 200 mm	m2	2.740,00	1.700,00	4.658.000,00	1,60	7.452.800,00
2.4	Nye større altaner 1300 x 2500 mm	stk	240,00	20.000,00	4.800.000,00	1,60	7.680.000,00
3.0	Facade mod gade						
3.1	Glasinddækning af facaden mod gaden mellem altaner	m2	2.250,00	1.000,00	2.250.000,00	1,60	3.600.000,00
3.2	Glasinddækning af altaner mod gaden	stk	240,00	50.000,00	12.000.000,00	1,60	19.200.000,00
4.0	Etageadskillelsen						
4.1	Isolering af etageadskillelse mellem kælder og stueetage, 120 mm på loft	m2	1.500,00	450,00	675.000,00	1,60	1.080.000,00
4.2	Isolering af etageadskillelse mellem kælder og stueetage, 80 mm granulat	m2	1.500,00	100,00	150.000,00	1,60	240.000,00
5.0	Stillads						
5.1	Stillads på facade	Alle	1,00	3.300.000,00	3.300.000,00	1,60	5.280.000,00
5.2	Overdækning på stillads	Alle	1,00	1.500.000,00	1.500.000,00	1,60	2.400.000,00
5.3	Byggeplads	Alle	1,00	2.391.600,00	2.391.600,00	1,60	3.826.560,00
6.0	Ventilation						
6.1	Behovsstyret mekanisk ballanceret ventilation i eksisterende kanaler + nye tiluft-kanaler og nye emfang	stk	240,00	27.700,00	6.648.000,00	1,60	10.636.800,00
Sum at overføre:					50.223.600,00		80.357.760,00

Tabel 26 Scenarie 3A

Kalkulationsark: Forslag 3		Index: 126.9		Sag nr :2428.1		Dato :01.02.2012	
A/B Lyshøjgård							
Pos:	Emne: Forslag 3	Enhed:	Antal:	a kr.	Ialt:	Tillæg	Sum
1.0	Tagudskiftning						
1.1	Nyt tag og efterisolering med 300 mm isolerng	m2	3.600,00	2.500,00	9.000.000,00	1,60	14.400.000,00
2.0	Facade						
2.1	Efterisolering af facaderne mod gård og gade, hvor der ikke er glasinddækkede altaner	m2	4.050,00	1.700,00	6.885.000,00	1,60	11.016.000,00
2.2	Nye vinduer mod gård og gade hvor der ikke er glasinddækkede altaner		240,00	8.500,00	2.040.000,00	1,60	3.264.000,00
2.3							
3.0	Gård						
3.1	Glasinddækning af altaner mod gaden og gård	stk	480,00	50.000,00	24.000.000,00	1,60	38.400.000,00
4.0	Etageadskillelsen						
4.1	Isolering af etageadskillelse mellem kælder og stueetage, 120 mm på loft	m2	1.500,00	450,00	675.000,00	1,60	1.080.000,00
4.2	Isolering af etageadskillelse mellem kælder og stueetage, 80 mm granulat	m2	1.500,00	100,00	150.000,00	1,60	240.000,00
5.0	Stillads						
5.1	Stillads på facade	Alle	1,00	3.300.000,00	3.300.000,00	1,60	5.280.000,00
5.2	Overdækning på stillads	Alle	1,00	1.500.000,00	1.500.000,00	1,60	2.400.000,00
5.3	Byggeplads	Alle	1,00	2.532.300,00	2.532.300,00	1,60	4.051.680,00
6.0	Ventilation						
6.1	Behovsstyret udsugning i eksisterende kanaler inkl. nye emfang	stk	240,00	12.900,00	3.096.000,00	1,60	4.953.600,00
Sum at overføre:					53.178.300,00		85.085.280,00

7.2 Rentabilitetsberegninger

7.2.1 Heimdalsvej

Boligerne på Heimdalsvej havde før energirenoveringen et registreret varmeforbrug på 100 kWh/m² (inkl. 300 l varmt brugsvand pr. m²) og et elforbrug på 4,8 kWh/m². El påregnes en faktor 2,5 i primær-energiforbrug, som samlet giver et vægtet energiforbrug på 112,0 kWh/m². Energiforbrug og driftsomkostninger for typisk lejlighed er vist i Tabel 27.

Tabel 27. Nuværende energiforbrug.

Eksisterende	kWh/m ²	kWh/lejlighed	Driftsomk. kr./m ²	Driftsomk. kr./lejlighed
Varme (inkl. 300 l/m ² VBV)	100	11.771	109,47	12.886
El til bygningsdrift*	4,8	565	9,92	1167
Energi til bygningsdrift i alt	112,0		119,39	14.053

*Ved el til bygningsdrift medregnes KUN elforbrug til ventilation og pumper til vand og varmeanlæg.

Besparelsespotentialer for det omtalte lavenergiklasse 1 renoveringsscenarie, er angivet i Tabel 28. Beregningerne er foretaget ud fra det nuværende forbrug som angivet i Tabel 27, samt de forventede energibesparelser og energipriser fra april 2011, se forudsætninger i Tabel 29.

De årlige driftsomkostninger er beregnet til 6.157 kr. pr. lejlighed med en gennemsnitlig størrelse på 117,7 m². Der spares 7.896 kr. (52,31 kr./m²) ved et forventet varmebehov på 26,7 kWh/m² for blok 1-3 og 31,2 kWh/m² for blok 4. El-behovet er beregnet til 2,9 kWh/m² for alle 4 blokke (ikke vægtet).

Tabel 28. Besparelsespotentiale lavenergiklasse 1.

"Energiklasse 1"	kWh/m ²	kWh/lejlighed	Driftsomk. kr./m ²	Driftsomk. kr./lejlighed	Forventet årlig besparelse kr./lejlighed
Varme (inkl. 250 l/m ² VBV)	27,825	3275	46,32	5.452	7.434
El, ventilation (Beboeres regning)	2,6	306	5,37	632	-632
El, pumper mm (Fællesregning)	0,3	35	0,62	73	1.094
Energi til bygningsdrift i alt (el, vægtet 2,5)	35,1		52,31	6.157	7.896

De reelle energibehov afhænger dog af brugeradfærd, som ikke er vurderet i beregningerne.

Tabel 29. Forudsætninger for besparelsesberegninger.

Forudsætninger		
Boligareal, gennemsnit	117,7	m ²
Arealbidrag, fjernvarme	21,97	kr./m ²
Energipris, varme, inkl. moms.	0,875	kr./kWh
Energipris, el, inkl. moms.	2,07	kr./kWh
El udover bygningsdrift indgår ikke i beregningerne. Varme og El-forbrug er oplyst af Domea (prognose for årligt behov på baggrund af 11 mdrs. måling)		

7.2.2 AB Lyshøjgård

På baggrund af de udarbejdede forslag og de gennemførte energi- og rentabilitetsberegninger valgte beboerne i A/B Lyshøjgård at gennemføre udvalgte tiltag fra de forskellige scenarier. Taget blev udskiftet til et nyt tegltag og etageadskillelsen imellem 4 sal og den uopvarmede loftetage blev isoleret med 200 mm mineraluld. Der er oplagt 490 m² solceller på tagfladerne mod gården. Varmerør på loftet blev udskiftet og efterisoleret.



Figur 20. 490 m² solceller på tagfladerne



Figur 21. Efterisolering af etageadskillelsen

8 Konklusion

I nærværende projekt er identificeret en lang række tekniske løsninger, der i forskellige kombinationer vil sikre markante energibesparelser i eksisterende ældre etageboligbyggeri.

Projekt viser således flere eksempler på, at det er muligt at gennemføre ambitiøse energirenoveringer af eksisterende ældre etageboliger til et niveau svarende til LavEnergiKlasse 1 jf. BR08, der totaløkonomisk er interessante for lejlighedernes beboere. Dette gælder især for etageboligbyggeri, der er opført som betonelementbyggeri i perioden 1960 – 1979, mens det er en større udfordring at opnå økonomisk attraktive energirenoveringer til LavEnergiKlasse 1 niveau for det ældre murede byggeri. En væsentlig årsag hertil, er at der er langt flere byggetekniske udfordringer for det ældre murede byggeri, end det er tilfældet for det tidlige betonelementbyggeri.

En anden betydelig årsag til, at det er vanskeligere for nogle ejendomme at gennemføre ambitiøse energirenoveringer, er, at der er stor forskel på de enkelte ejendommers økonomiske reserver og råderum og bebyggelsernes muligheder for at opnå gunstige lån, ligesom det specielt for almene boliger kan være svært at få flertal til at gennemføre ambitiøse energirenoveringer, der vil bevirke huslejstigninger, som det for mange kan være svært at acceptere.

De mest energibesparende energirenoveringstiltag har vist sig at være:

- Udvendig efterisolering af ydervægge
- Udskiftning af vinduer (og altandøre) til lavenergivinduer
- Efterisolering af loftsrum og tagkonstruktioner
- Etablering af mekanisk ventilation med effektiv varmegenvinding og behovsstyring

Der er imidlertid stor forskel på rentabiliteten af de enkelte tiltag, og det vil derfor være hensigtsmæssigt at realisere flere tiltag på samme bygningsdel, når man alligevel skal i gang med at renovere. Eksempelvis vil det være hensigtsmæssigt at kombinere en facaderenovering med efterisolering af facader og udskiftning af vinduer, eller at kombinere en tagrenovering med etablering af solceller og efterisolering af tagkonstruktionen. Tilsvarende vil etablering af mekanisk ventilation ikke have megen mening, hvis ikke klimaskærmen samtidig gøres tæt.

Foruden de betydelige energibesparelser opnås en række markante indeklimaforbedringer som følge af de forskellige renoveringstiltag. De beskrevne løsninger kan implementeres, uden at man risikerer overtemperaturer og bevirker typisk et forbedret indeklima i forhold til luftkvalitet og termisk indeklima. De væsentligste forbedringer er:

- Bedre luftkvalitet i kraft af behovsstyret ventilation (typisk fugt- eller CO₂-styret)
- Eliminering af træk og kuldene-fald fra kuldebroer og kolde uisolerede ydervægge
- Eliminering af trækgener fra utætte vinduer, døre og samlingsdetaljer i øvrigt

Projektet viser desuden, at de foreslåede energirenoveringstiltag kan realiseres uden at forringe dagslysniveauet. I nogle tilfælde, og specielt ved omfattende facaderenovering med nye og større vinduer med en mere hensigtsmæssig placering, kan der endog opnås en forbedring af dagslysforholdene i de pågældende boliger.

Det skal i den forbindelse bemærkes, at det fra andre energirenoveringsprojekter af betonelementbyggeri med indeliggende altaner er erfaret, at det nogle gange kan være attraktivt at "trække den åbne altan" inden for klimaskærmen, hvilket i nogle tilfælde kan opleves som en forringelse i sig selv, og i andre tilfælde medføre en uacceptabel forringelse af dagslyset.

Endelig har det i flere tilfælde foruden de i nærværende projekt undersøgte byggerier vist sig at være hensigtsmæssigt at kombinere en energirenovering med andre tiltag, som løfter byggeriets kvalitet for beboerne, f.eks. etablering af elevatorer, modernisering af køkkener og bad, etablering eller inddækning af altaner, etc.

Projektet har således vist, at ambitiøs energirenovering af etageboligbyggeri er teknisk mulig, og at det i flere tilfælde også er totaløkonomisk attraktivt at gennemføre sådanne energirenoveringer.

Bilag 1 Konsekvensberegninger af forventede de fremtidige varmeudgifter for Heimdalsvej

Domea

BOLIGSELSKABET ROSENVÆNGET
Afdeling 8-5: Frederikssund Nord I
Heimdalsvej 51 - 85

ENERGIRENOVERING

ØKONOMI OG HUSLEJEKONSEKVENSER

Udarbejdet af: Domea S.m.b.a.
Boligcenter Frederikssund
Færgeparken 21
3600 Frederikssund

Dato: 31.05.2010

Indledning

I dette materiale beskrives økonomien af energirenoeringsmodellerne. I den medfølgende opstilling er der angivet fire modeller, som alle er sammenholdt med det nuværende huslejeniveau. Model 1 er renovering i henhold til gældende lovgivning (den lille model) – model 2 er den gennemgribende energirenoering, som er fremtidssikret. Endeligt er de to modeller 1 og 2 beregnet med tilvalgsydelse. Model 1 med tilvalgsydelse benævnes model 3 og model 2 med tilvalgsydelse benævnes model 4.

Model 2 er klimarenoering der lever op til de krav, som forventes at blive gældende regler indenfor den nærmeste fremtid og samtidig et ambitiøst niveau for renoveringen af ejendommen – set ud fra et energi- og miljøsynspunkt.

For begge modeller er der prissat en tilvalgs pakke, som undervejs i processen er blevet ønsket fra en række beboere ud fra tanken om et helhedsprincip når nu ejendommen skal renoveres. Tilvalgs pakken er ens for de 2 renoveringsmodeller, henholdsvis model 1 og 2.

I processen har målsætningen været at nå Passivhus-niveauet for energirenoeringen. Det har vist sig at være urealistisk ud fra en økonomisk betragtning under de givne omstændigheder. Tilbagebetalingstiderne for tiltagene fra at komme fra model 2-niveauet til Passivhus-niveauet bliver for lange og er derfor uinteressante at arbejde videre med. Model 2 sikrer en energibesparelse på op 70 % af det nuværende forbrug og er således i nærheden af en passivhus model.

Budget for energirenoeringen

Af Tabel 1 fremgår budgetterne for de 2 modeller samt for tilvalgs pakken.

For begge modeller gælder, at isolering og ny tagbelægning ikke er indeholdt. Tagene er renoveret i 1982 og ud fra et energimæssigt synspunkt er det ikke rentabelt at øge isoleringstykkelser på denne bygningsdel. Tagbelægningen vurderes – ved øget drift – at kunne holde en årrække endnu.

I begge modeller er indeholdt udgifter til reetablering efter renoveringen, men som udgangspunkt ikke nyt slidlag på p-pladserne.

Tilvalgs pakker:

I tilvalgs pakken er indeholdt nye brugsvandinstallationer frem til lejlighederne. De eksisterende installationer er tilkalket og slidte. I den forbindelse installeres forbrugsmålere på vandet, således beboerne frem over afholder udgiften til vandforbrug på individuel basis. Herudover er der indeholdt nye vandrette faldstammer (placeret i ejendommens kældre/krybekældre). Erfaring og konkrete undersøgelser viser, at den lodrette del af faldstammerne ikke lige så hårdt medtages og derfor vurderes de lodrette faldstammer, at have en relativt lang restlevetid tilbage.

Finansiering

Energireoveringsmodellerne forudsættes finansieret som vist i Tabel 2. Afdelingen har siden 2007 sparet op via øgede henlæggelser, som anvendes som egenbetaling før hjemtagelse af lån. Af bilag 1 fremgår forventet saldo på afdelingens henlæggelser til planlagt og periodisk vedligeholdelse, under forudsætning af at der ikke tilkommer afdelingen uforudsete udgifter i driften frem til færdigfinansiering af energireoveringen.

Kreditforeningslånet som hjemtages til finansiering af projektet er et 30-årigt rentetilpasningslån (F1) og omkostninger og årlig ydelse er beregnet pr. 28.5.2010. Der tages forbehold for rente- og prisudvikling frem til endelig beslutning omkring projektet.

Tilpasning af afdelingens driftsbudget

Afdelingens driftsbudget skal tilrettes ud fra hvilket projekt beboerne vælger at bakke op omkring. Af Tabel 3 er ændringerne i hovedtræk beskrevet.

I det nuværende huslejeniveau er der indeholdt midler i henlæggelser, som blev besluttet i 2007. Disse omkonteres og anvendes til at afdrage på førnævnte kreditforeningslån i alle modellerne.

Energireoveringen betyder besparelser på afdelingens energiforbrug på afdelingsniveau, samt driftsbesparelser på service- og vedligeholdelsesopgaver, samt på afdelingens omkostninger til eksempelvis skimmelsvamp. Disse besparelser er vurderet og prissat i Tabel 3.

Da afdelingen har og får udamortiserede lån allerede nu og i årene der kommer, er tilskuddet herfra medtaget i finansieringen af energireoveringsmodellerne. På nuværende tidspunkt kan der søges om midler svarende til ca. kr. 91.000 som anført i Model 1 og Model 3. Fra 2018 vil der være udamortiserede lån svarende til ca. kr. 299.000, som vi vurderer at organisationsbestyrelsen vil godkende fremskønnet til afdelingen allerede nu, idet Model 2 og Model 4 er ambitiøs og en fremtidssikret energireoveringsmodel.

En stor post i afdelingens driftsregnskab er det kollektive vandforbrug. Ved at vælge tilvalgs pakken kan denne udgift fjernes fra afdelingsregnskabet og tillægges forbrugsregnskabet i stedet for, dog med en forventet besparelse på ca. 15 %, som er erfaringen fra andre boligafdelinger, hvor der monteres individuelle vandmålere.

Energibesparelser og forbrugsregnskaber

Hele ideen med energireoveringen er at nedbringe de voldsomme varmeudgifter, som rigtigt mange af beboerne i afdelingen er plaget af. Af Tabel 4 er der foretaget en gennemsnitsberegning ud fra effekten af de tiltag som energireoveringsmodellerne indeholder. Disse beregninger er kapitaliseret og indgår efterfølgende i det totaløkonomiske overblik ved energireoveringens konsekvenser.

Det skal bemærkes, at i modellerne med tilvalg (3 og 4) optræder udgiften til individuel vandafregning med modsat fortegn, idet denne udgift nu er et tillæg i forhold til afdelingens forbrugsregnskab.

Totaløkonomi

Ved at betragte de samlede udgifter der er forbundet ved at bo i afdelingen, kan det økonomiske aspekt i de energimæssige tiltag bedst vurderes. Energiforbruget i afdelingen opdeles mellem hvad der medregnes i driftsbudgettet (afdelingens målere) og hvad der afregnes individuelt af beboerne via egne målere og dermed via forbrugsregnskaber eller direkte med leverandører.

Af bilag 2 fremgår de totaløkonomiske konsekvenser for de 3 forskellige lejlighedstyper. Huslejberegningerne tager udgangspunkt i det sidste vedtagne driftsbudget gældende fra 1.10.2010.

Det indstilles herefter til afdelingsmødet at træffe afgørelsen omkring hvilken energireoveringsmodel der ønskes gennemført.

Tabel 1

Budget for renoveringsmodellerne	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Håndværkerudgifter, inkl. byggepladsudgifter og ufo.udg	26.925.600	39.504.000	30.465.600	43.094.000
Totalrådgiverudgifter m.m.	3.900.000	5.700.000	4.400.000	6.250.000
Kapitalomkostninger og diverse udgifter	1.400.000	2.100.000	1.600.000	2.200.000
Moms	8.056.400	11.826.000	9.116.400	12.886.000
I alt inkl. moms	40.282.000	59.130.000	45.582.000	64.430.000

Tabel 2

Finansiering af renoveringsprojekt:	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Samlet budget for renovering:	40.282.000	59.130.000	45.582.000	64.430.000
Henlagte midler	3.059.000	3.059.000	3.059.000	3.059.000
Finansiering v. låneoptagelse:	37.223.000	56.071.000	42.523.000	61.371.000
30 årigt F1-lån, 1. års ydelse:	1.651.100	2.487.000	1.886.000	2.722.000
Kr/m2/år	130	195	148	214

Model 1: Renovering efter gældende bygningsreglement BR08
 Model 2: Energirenovering efter Energiklasse 1
 Model 3: Model 1 + tilvalgspakke
 Model 4: Model 2 + tilvalgspakke

Tabel 3

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Ændringer i driftsbudget - årlige udgifter				
Ændring af henlæggelser til renovering	980.000	980.000	980.000	980.000
Besparelse på elforbrug i afdelingen	41.552	119.504	41.552	119.504
Kollektiv vandforbrug udgår	-	-	534.000	534.000
Anvendelse af udamortiserede lån	91.000	299.000	91.000	299.000
Besparelser i afdelingens drift 115+116/401	45.000	115.000	80.000	150.000
I alt:	1.157.552	1.513.504	1.726.552	2.082.504
Difference	39	76	13	50
Huslejerregulering %	5,32	10,49	1,72	6,89

Tabel 4

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Ændringer i forbrugsregnskab:				
Besparelse på varme/forbrug	324.464	875.952	360.752	909.776
Individuelt vandforbrug inkl. besf.	-	-	-453.900	-453.900
I alt:	324.464	875.952	-93.148	455.876

Model 1: Renovering efter gældende bygningsreglement BR08
 Model 2: Energirenovering efter Energiklasse 1
 Model 3: Model 1 + tilvalgspakke
 Model 4: Model 2 + tilvalgspakke

INIT: BHN
Dato: 08.02.2010

Boligselskabet Rosenvænget
Afdeling 8-5

Henlæggelser

Domea S.m.b.a
Boligoenter Frederikssund
Torvet 6
3600 Frederikssund

Bilag 1

	Regnskab 2006/2007	Regnskab 2007/2008	Regnskab 2008/2009	Budget 2009/2010	Budgetforslag 2010/2011
1	Henlæggelse til 401	1.150.000	600.000	787.000	842.000
2	Henlæggelse til 405	-	980.000	980.000	980.000
3	Henlæggelse i alt	1.150.000	1.580.000	1.767.000	1.822.000
4	Planlagt forbrug 116	961.000	870.000	836.000	873.000
5	Realiseret forbrug 116	1.144.509	1.033.314	1.042.604	873.000
6	Primosaldo 401	1.216.445	1.221.936	1.768.622	3.332.018
7	Henlæggelser	1.150.000	1.580.000	1.675.000	1.822.000
8	Forbrug	1.144.509	1.033.314	1.042.604	873.000
9	Ultimo saldo 401	1.221.936	1.768.622	2.401.018	4.281.018
A	Merforbrug af henlagte midler	183.509	163.314	117.604	-
B	"Henlagt til byggeprojekt"	0	546.686	931.000	949.000
C	"Henlagt til byggeprojekt"	0	546.686	2.110.082	3.059.082

A = 5 - 4
B = 3 - 4 - A

Bilag 2

For en 3V lejlighed på 105,5 m2 betyder det:

	Pr. 1.10.2010	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Udgifter pr. måned					
Husleje	6.479	6.824	7.159	6.590	6.926
A/C Varme	1.102	879	498	854	475
A/C Vand	0	0	0	313	313
Ændring i privat elforbrug	0	0	45	0	45
I alt	7.581	7.702	7.702	7.757	7.758
Ændring i "husholdningsbudgettet"	0	121	120	176	177

For en 4V lejlighed på 118 m2 betyder det:

	Pr. 1.10.2010	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Udgifter pr. måned					
Husleje	7.153	7.534	7.904	7.276	7.646
A/C Varme	1.233	983	557	955	531
A/C Vand	0	0	0	350	350
Ændring i privat elforbrug	0	0	50	0	50
I alt	8.386	8.516	8.511	8.581	8.577
Ændring i "husholdningsbudgettet"	0	130	125	195	191

For en 5V lejlighed på 125,8 m2 betyder det:

	Pr. 1.10.2010	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Udgifter pr. måned					
Husleje	7.417	7.812	8.195	7.544	7.928
A/C Varme	1.315	1.048	594	1.018	566
A/C Vand	0	0	0	374	374
Ændring i privat elforbrug	0	0	53	0	53
I alt	8.732	8.859	8.843	8.936	8.921
Ændring i "husholdningsbudgettet"	0	128	111	204	190

Bilag 2 - Projektfotos
Heimdalsvej



Før renovering



Under renovering



Efter renovering



Efter renovering

AB Lyshøjgård



Før renovering



Efter renovering

Litteratur

Petersen, K. N. og Gram-Hanssen, K. (2005). *Husholdningers energi- og vandforbrug. Afhængighed af socio-økonomiske baggrundsvariable*. SBi 2005:09, Statens Byggeforskningsinstitut, 2005.