

By og Byg Resultater 030

# Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig

Bogholder Allé 28 -32, Vanløse



Statens Byggeforskningsinstitut  
Danish Building and Urban Research

# Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig

Bogholder Allé 28-32, Vanløse

Kirsten Engelund Thomsen

Kim B. Wittchen

Niels Friis

Titel	Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig
Undertitel	Bogholder Allé 28-32, Vanløse
Serietitel	By og Byg Resultater 030
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2003
Forfattere	Kirsten Engelund Thomsen, Kim B. Wittchen, Niels Friis
Sprog	Dansk
Sidetæl	30
Summary	Side 28-29
Litteratur-henvisninger	Side 30
Emneord	Energibesparelser, glas, arkitektur
ISBN	87-563-1176-1
ISSN	1600-8049
Pris	Kr. 65,00 inkl. 25 pct. moms
Tegninger	Arkitektfirmaet Lundgaard & Tranberg A/S
Fotos	Arkitektfirmaet Lundgaard & Tranberg A/S
Tryk	BookPartner, Nørhaven digital A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Resultater 030: Oplukkelig glasfacade i ny etagebolig. Bogholder Allé 28-32, Vanløse. (2003)*

# Indhold

Forord .....	4
Indledning .....	5
Sammenfatning .....	6
Boligplaner .....	6
Energi- og temperaturforhold .....	8
Beskrivelse af bebyggelsen og boligen .....	9
Beboerne .....	9
Arkitektonisk idé.....	9
Funktion .....	10
Rum .....	11
Konstruktioner og materialer.....	12
Foldedøre / pudsealtaner.....	13
Minimering af kuldebroer .....	14
Udluftning og solafskærmning .....	15
Energi- og indeklimateforhold.....	17
Energibehov.....	17
Bygningsmodel til Bv98.....	17
Energibalance .....	17
Indeklimaforhold.....	18
Bygningsmodel til BSim2002 .....	18
Sammenfatning af simuleringer .....	26
Summary .....	28
Referencer.....	30

# Forord

Denne rapport afslutter projektet "Højisolerede glaspartier i etageboliger, demonstrationsprojekt, fase 1", et projekt i Energistyrelsens forskningsprogram EFP 2001 med ENS j.nr. 1213/01-0011.

Formålet med projektet er at analysere og detailprojektere et højisoleret etageboligbyggeri, som er opført på Bogholder Alle 28-32 i bydelen Vanløse i København. By og Byg gennemførte analyserne og Arkitektfirmaet Lundgaard & Tranberg A/S detailprojekteringen. Københavns Sociale Boligselskab (KSB) er bygherrer, og Fællesadministrationen 3B er forretningsfører. Byggeriet stod klar til indflytning den 1. juni 2003.

I projektet er der bygget videre på erfaringerne fra Energistyrelsens forskningsprojekt om glaspartier i nye etageboliger, som analyserede og beskrev anvendelsesmulighederne for nye højisolerede rudetyper ud fra en arkitektonisk synsvinkel samt ud fra energi- og indeklimamæssige aspekter.

Projektet er gennemført i samarbejde med Niels Friis og Boje Lundgaard fra Arkitektfirmaet Lundgaard & Tranberg A/S.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut  
Afdelingen for Energi og Indeklima  
August 2003

*Søren Aggerholm*  
Konstitueret forskningschef

# Indledning

Fremtidens højsolerede rudetyper åbner nye perspektiver for anvendelse af glas i arkitekturen. Formålet med projektet er at demonstrere, hvordan nye rudetyper og glaspartier kan indpasses i etagebyggeriet, og hvordan der kan opnås nye facadeudtryk, rum og lysvirkninger ved anvendelse af højsolerede glaspartier. Samtidig skal det vises, at det vil være muligt at opfylde energimålsætningerne på bygningsområdet i Energi 21 (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

Vinduerne har stor betydning for bygningers energiforbrug til opvarmning og belysning samt for oplevelsen af rummene herunder indeklimaet og dagslyset. Etageboliger ligger ofte i tæt bebyggede områder, så adgangen til dagslys og sol er begrænset. I et tidligere EFP-projekt "Højsolerede glaspartier i nye etageboliger" (Engelund Thomsen, Schmidt & Aggerholm, 2001) er anvendelsesmulighederne for højsolerede glastyper beskrevet ud fra en arkitektonisk synsvinkel samt energi- og indeklimamæssige aspekter. Der er arbejdet med forskellige plan- og facadeløsninger bl.a. et multioplukkeligt facadesystem bestående af glasfoldedøre. I nærværende projekt er der arbejdet videre med konceptet om et oplukkeligt facadesystem. Det er idéen indenfor en afgrænset økonomisk ramme at skabe større rummelighed og fleksibilitet i boligens opvarmede rum og samtidig gøre det muligt at bruge boligen mere utraditionelt med hensyn til åbenhed til det fri.

Beregningerne i forprojektet viser, at det er muligt at reducere varmebehovet med 30 % i forhold til kravene i Bygningsreglementet (Boligministeriet, 1995) ved isætning af højsolerende glaspartier samt ekstra isolering i klimaskærmen. Det er også muligt at opnå acceptable indetemperaturer, idet der ved brug af indvendige lyse gardiner og etablering af en passende udluftning, kan holdes en rumtemperatur på de varmeste dage på et niveau ca. 2 °C over udetemperaturen.

Blandt andet på baggrund af disse vurderinger er der udarbejdet et skitseprojekt, som danner grundlag for detailprojektering og opførelse af nærværende demonstrationsprojekt på Bogholder Allé 28–32 i Vanløse, København. Byggeriet består af 24 boliger fordelt på 4 etager. I underetagen findes fællesrum og parkering.

# Sammenfatning

Formålet med dette projekt er at demonstrere, hvordan nye rudetyper og glaspartier kan indpasses i nyt etagebyggeri, således at der kan opnås nye facadeudtryk samt gode rum- og lysvirkninger.

Der er fra midten af 2002 til 1. juni 2003 opført et etagebyggeri på Bogholder Allé 28–32 i Vanløse. Byggeriet er tegnet af Arkitektfirmaet Lundgaard & Tranberg A/S. Københavns Sociale Boligselskab (KSB) er bygherrer og Fællesadministrationen 3B er forretningsfører. Der er i alt 24 lejligheder fordelt på 4 etager, hvor en meget stor del af facaderne, navnlig de syd-øst og syd-vest vendte, består af glas.

Der er i byggeriet på Bogholder Allé 28–32 brugt et nyudviklet multioplukkeligt facadesystem bestående af flerfags, højisolerede foldedøre, som gør det muligt at åbne hele eller store dele facaden. Hermed er det muligt at bruge boligen mere utraditionelt med hensyn til åbenhed mod det fri med de samme brugsmønstre, som kendes fra glasudestuer og altaner. Der skabes hermed stor rummelighed og fleksibilitet i boligen.

I tilknytning til hver boligenhed etableres en såkaldt pudsealtan i stuens fulde bredde. Pudsealtanen er 80 cm dyb og skal, som navnet antyder, give mulighed for pudsning af de udvendige glasarealer. Af øvrige forhold, som i et indledende projekt "Højisolerede glaspartier i nye etageboliger" (Engelund Thomsen, Schmidt & Aggerholm, 2001) viste sig at være af stor betydning for udformningen af facader med højisolerende glas, kan nævnes holdbarhed og lavt vedligehold, vand- og lufttæthed, nem lukkemekanisme, udluftningsåbning til hvert rum samt indpasning af solafskærmning. Desuden er tætheden af foldedørene af afgørende betydning mht. infiltration, holdbarhed, termisk isolering, lydisolering og indeklima. Disse forhold er derfor nøje analyseret i nærværende projekt.

Desuden er der i byggeriet søgt at undgå kuldebroer og i de tilfælde, hvor det er umuligt, i hvert fald at minimere effekten.

Et af de væsentligste problemer ved en etagebolig med så store glasfacader er risikoen for uacceptable høje temperaturer på solrige dage i sommerhalvåret. Derfor er det vigtigt at sikre gode udluftningsmuligheder samt en effektiv solafskærmning. Dette er opnået ved brug af krydsventilering fra facade til facade og mulighed for udluftning, når man ikke er hjemme samt en lys solafskærmning.

## Boligplaner

Bygningen er skabt ud fra ønsket om stor fleksibilitet i den enkelte bolig. En del af boligens indvendige vægge er placeret ovenpå trægulvene og der er derfor mulighed for at ændre rummene med skiftende behov hos beboerne. Desuden kan facadepartiet åbnes i rummets fulde brede, hvorved boligens centrale rum kommer til at virke som en altan med heraf følgende forskellige møbleringsmuligheder.

Lejlighederne er almene medejerboliger, som betyder, at beboerne indbetaler et større indskud end normalt, men får til gengæld indflydelse på indretningen. Det betyder, at der er stor engagement blandt de kommende beboere, som repræsenterer et bredt udsnit af forskellige familiemæssige sammensætninger.



Foldedør og altan set fra stue.



Foldedør og altan set udefra.



## Energi- og temperaturforhold

Der er anvendt 2-lags lavenergiruder med en center U-værdi på  $1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  og en solvarmetransmittans på 0,63. De øvrige konstruktioner opfylder netop bygningsreglementets krav. Beregninger af varmebehovet viser, at det er muligt ved anvendelse af disse ruder at nedbringe varmekonsumet med ca. 15 % i forhold til bygningsreglementets krav. Det vil derfor med yderligere isolering i klimaskærmen være muligt at nedbringe energiforbruget med de 25–30 %, som det angives som mål i Energi 21 (Miljø- og Energiministeriet, 1996). Grunden til, at klimaskærmen i byggeriet ikke har mere isolering end påkrævet, er alene hensyn til byggeomkostningerne.

Beregninger af temperaturforholdene viser, at det vil være muligt at holde indetemperaturen på et acceptabelt niveau ved hjælp af effektiv solafskærmning og udluftning. Der er til analysen udvalgt tre typiske uger: en varm sommeruge, en kold vinteruge samt en typisk overgangsuge, og beregninger viser, at selv i den typiske overgangsuge og den kolde vinteruge er indetemperaturene meget påvirket af solindfaldet. Det vil i en bygning med så store glasarealer være nødvendigt at etablere en lys, helst udvendig solafskærmning samt mulighed for udluftning af boligen, også når beboerne ikke er hjemme midt på dagen.

Under projekteringen er der udviklet et særligt beslag, som gør det muligt at låse foldedørene i en position, som tillader udluftning. Ejendommen er ikke forsynet med en udvendig solafskærmning, men beboerne opfordres til at benytte lyse gardiner som indvendig solafskærmning. Det vil således være muligt at opretholde en indetemperatur på de varmeste dage, som kun er et par grader over udeluftens temperatur.

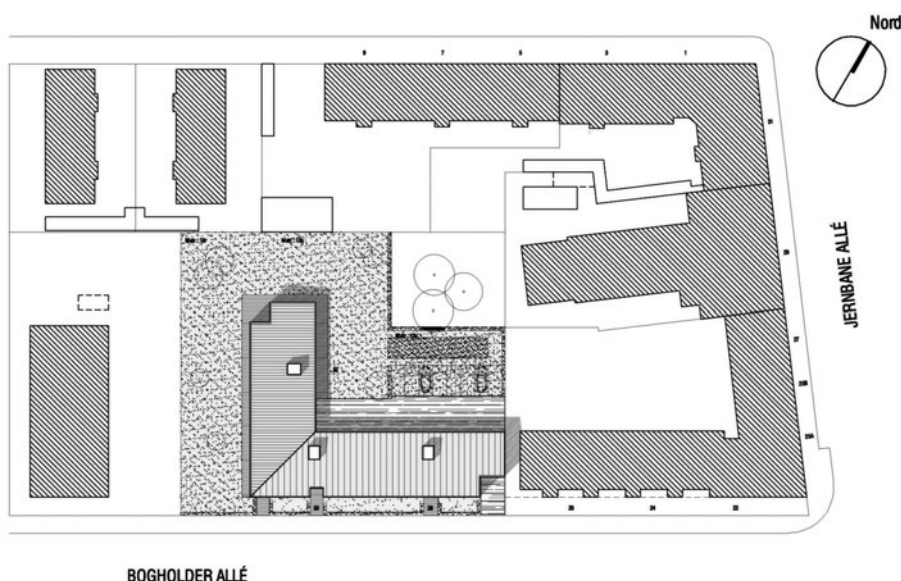
I forbindelse med udviklingen af det nye multioplukkelige facadeelement ville det være interessant at følge, hvordan beboerne oplever og bruger deres bolig på Bogholder Allé samt måle energiforbrug og temperaturer, men det har desværre ikke været muligt at finde finansiering til en sådan evaluering.

# Beskrivelse af bebyggelsen og boligen

## Beboerne

De kommende beboere repræsenterer et bredt udsnit af befolkningssammensætningen i Storkøbenhavn.

Det tilstræbes, at der er en fordeling mellem forskellige familiemæssig status, såsom alder, enlig / ægtepar og børnefamilier, ligesom beboersammensætningen gerne må afspejle det moderne internationale kommunikationssamfund, i hvilket beboerne færdes.



Situationsplan, Bogholder Allé 28-32.

## Arkitektonisk idé

Disponeringen af den nye bebyggelse er sket ud fra ønsket om at skabe en bygning med en markant arkitektonisk hovedide, baseret på enkle og funktionelle principper.

Det er tilstræbt at give bebyggelsen et nymodernistisk, industrielt forenklet, men levende arkitekturudtryk, hvor den æstetiske kvalitet ligger i en rolig afklaret bygningskrop, kombineret med en form- og materialemæssig spændstighed og variation i facadeproportioneringen.

Mod gaden og haven udtrykker facaden den bagvedliggende struktur af boligenheder på en måde, som understreger den personlige prægning indenfor de enkelte boligers rammer.

Dette sker mod gaden primært ved de store glaspartiers eksponering af rummenes møblering og afskærmning med gardiner, persienner og lign.

Mod gården vil facaden tilsvarende udtrykke den bagvedliggende struktur, som her, udover boligernes opholdsrum, er karakteriseret ved badeunits og installationsskakter.

Fællesfunktionerne for beboerne er beliggende i stueetagen og er tænkt som en integreret del af bebyggelsen, der knytter sig tæt til boligerne. Dette er udtrykt ved en mindre variation i facaden mod haverummet.

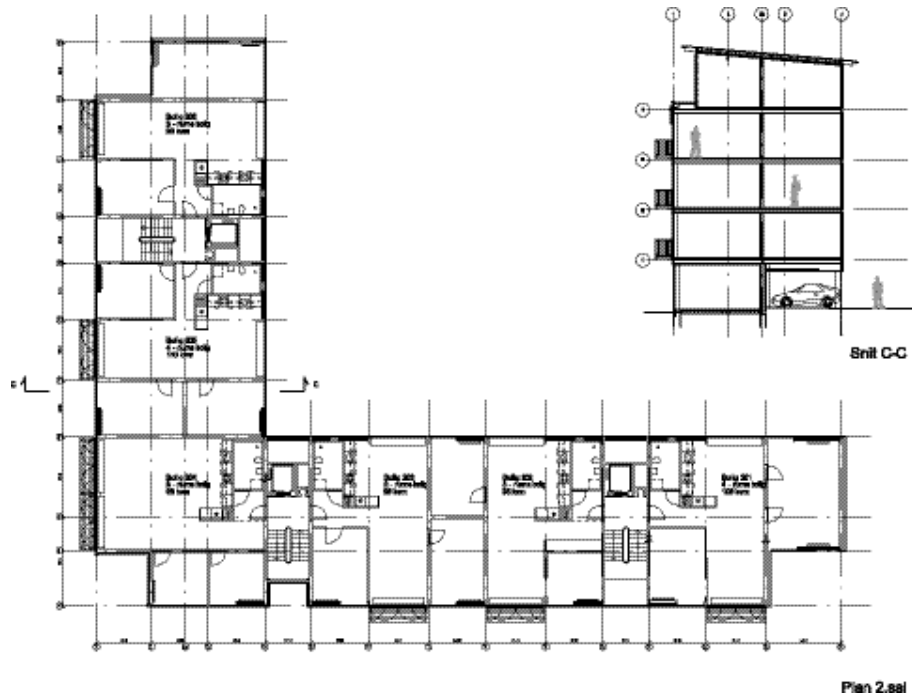
Bygningen ønskes således i sit ydre at afspejle de bagvedliggende funktioner og det liv der udfolder sig blandt beboerne, samtidig med et signal om at åbne sig til omverdenen.

Indadtil skal huset, udover at opfylde de funktionelle boligmæssige behov, påvirke beboernes adfærd i forhold til privatsfærer- og socialsfærer set i lyset af medejerboligbegrebet.

Det er således hensigten, at boliger og fællesfaciliteter kommer til at virke som en integreret enhed.



Opstalt, facade (syd-øst) mod Bogholder Allé.



Plan af normaletage og lodret snit i vestfløjen.

## Funktion

Bebyggelsen er disponeret med udgangspunkt i lokalplan nr. 256 fra Københavns Kommune, og består af en bygningskrop, der fremtræder med henholdsvis facade og gavlmotiv mod Bogholder Alle.

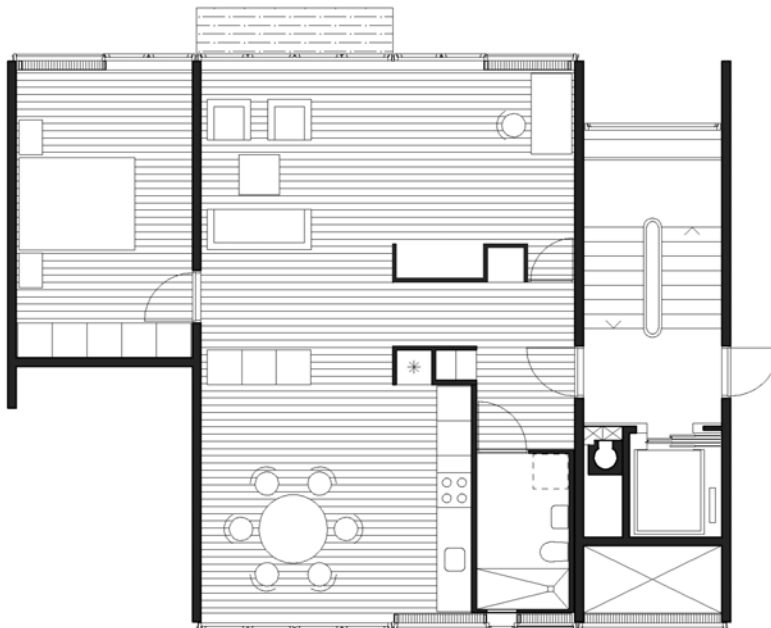
Bebyggelsen er opført i 4 etager samt udnyttet tagetage i form af penthousebygning. Ejendommen består af i alt 24 boliger med tilhørende fællesfaciliteter. Adgang sker via portrum fra Bogholder Alle til central parkerings- og fordelingsgård.

Bygningens stueetage er disponeret til fællesfunktioner såsom parkering, ankomst, fordeling, pulterrum, fællessal, vaskeri og teknikrum.

Boligerne er disponeret på etagerne over stueplan for at sikre beskyttelse fra gadeplan.

De enkelte boliger udformes i varierende størrelser med rumlige udformninger, der tilgodeser funktioner og placering i forhold til bygningens geometri.

Alle boliger er en variation over plandisponeringer, hvor der er lagt vægt på rumlige og velbelyste rum.



3 rums bolig med rumlig sammenhæng mellem stue og værelse (ikke målfast).



3 rums bolig med afskærmning mellem stue og værelse (ikke målfast).

Planløsningen lejlighederne kan ændres efter beboernes ønsker på grund af den fleksible opbygning.

## Rum

Boligrummene fungerer som kombinerede spise-, opholds- og sove-/arbejdsrum og er udformet med videst mulig brugsmæssig kvalitet og fleksibilitet, der understøtter de forskellige anvendelser.

Der er lagt vægt på at sikre privatlivet og trivslen inden for boligens fire vægge bl.a. ved angivelse af mulighed for fri og ubesværet sammenhæng mellem de enkelte boligrum.

En del af boligens indvendige vægge, de lette skillevægge, er placeret ovenpå trægulvene, og kan således ved opførelse og med tiden udformes efter skiftende behov. Disse vægge kan udformes med indbyggede, muligvis mobile opbevaringsmøbler, således der skabes størst mulig frihed for individuel møblering i øvrigt.

Køkken, spise – og opholdsstue er den centrale ramme om familiens trivsel, hvor måltider kan forberedes og indtages og ophold og samvær finde sted. Rummet har med sin størrelse og lysindfald mulighed for opdeling med skiftende møblering

Der er ved montage af gardiner og/eller persienner mulighed for regulering af dagslysindfald, med henblik på forskellige anvendelser af rummet, såsom TV-kigning, læsning, spil, leg og afslapning.

Toilet/ baderum i boligerne er udformet med forholdsvis minimalistisk planløsning, med henblik på et optimere boligens øvrige arealer og anvendelighed.

Rummene er disponeret med sigte på størst mulig funktionalitet, herunder adgangsforhold, anvendelse, udluftning, fugtsikring og renholdelse og i øvrigt udstyret med sædvanligt sanitetsudstyr.

## Konstruktioner og materialer

Den bærende konstruktion består i underetage af betonvægge/søjler.

I boligetagerne er lejlighedsskel bærende betonvægge.

Dækkonstruktionen består af betondækelementer udført som BS 60.

Tagdækket på terrasser er isoleret på yderside med kileskåret isolering belagt med tagpap og fliser. Tagkonstruktionen på penthouseetage er udført som let konstruktion svarende til BD 30, isoleret med 200mm mineraluld og beklædt med tagpap. Lukkede facadepartier er udført som lette elementer med 200 mm isolering, indvendigt beklædt med gipsplader og udvendigt forsynet med diffusionsåben beklædningsplade i materialeklasse A.

Glaspartiernes karm og rammer er udført i Jatoba, som er en hård træsort, og som kræver minimal vedligeholdelse.

De lukkede facadeelementer og glaspartier er præfabrikerede i rumstore elementer.

Trapperummene er selvstændige brandsektioner med udgang til både gade- og gårdrum. Trappe og reposer er udført i beton med rengøringsvenlig overflade af linoleum.

Boligerne er forsynet med præfabrikerede bade/toiletkerner i beton. Disse er indvendigt beklædt med gulvklinker og vægfliser.

Øvrige indvendige vægge er gipsvægge på stålskelet og fremstår med malede overflader.

Gulvene er udlagt som parketgulve på strøer i standard som bøg, men kan, efter aftale med fremtidige beboere ændres til andet materiale.

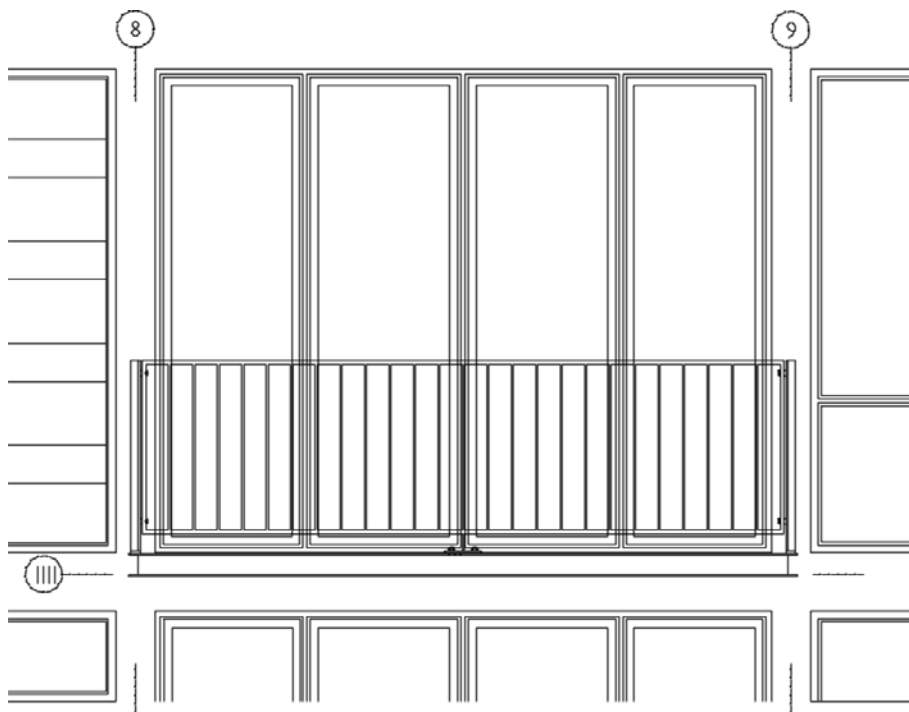
Lofter i boliger er udført som malede betonlofter. I penthouseetagen dog som malede gipspladelofter.

Opvarmning af lejlighederne sker via ejendommens centralvarmeanlæg. I stue- og køkkener er der monteret gulvkonvektor i glassets fulde udstrækning. Dette for at modvirke kuldnefald fra glasset, samt for at tilgodese en fri og fleksibel møblering langs de faste vægge.

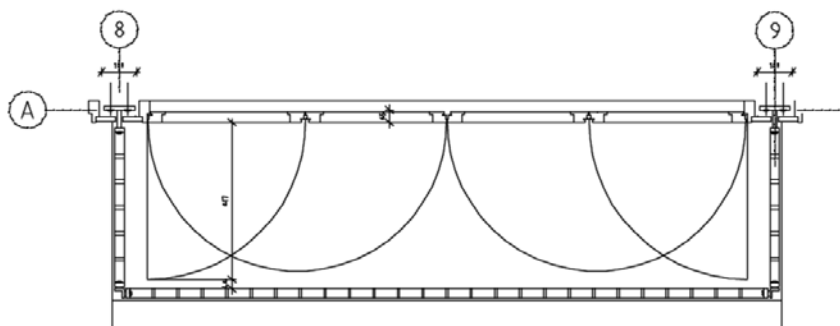
I værelser er placeret væghængte radiatorer vis a vis vinduespartierne.

## Foldedøre / pudsealtaner

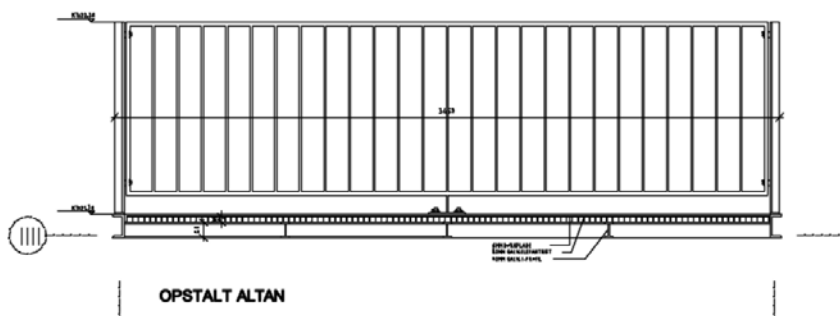
I forbindelse med hver boligenhed etableres en pudsealtan i stuens fulde bredde. Pudsealtanen er 80 cm dyb og er i bunden forsynet med elefantrist. Pudsealtanen er således ikke at opfatte som et opholdssted; dog vil der være mulighed for placering af enkelte genstande som f.eks. planter og mindre grill.



PLAN AF ALTAN



PLAN AF ALTAN



OPSTALT ALTAN

Størrelsen af pudsealtanerne er bestemt af den plads der er nødvendig for at kunne åbne dørene.

Facadepartiet bag pudsealtanen kan åbnes, ligeledes i rummets fulde bredde, hvorved boligens centrale rum kommer til at virke som altan, med heraf følgende forskellige møbleringsmuligheder.

Selve foldedørene er 4-fags fløjddøre, i rummets fulde højde, hvilket giver mulighed for forskellige åbningsarealer.

Rammekonstruktionen, der er fastgjort på dæk- og vægkonstruktion, giver en arkitektonisk og teknisk klarhed, der ved åbning giver maksimalt direkte solindfald og samtidig et levende facadeudtryk.

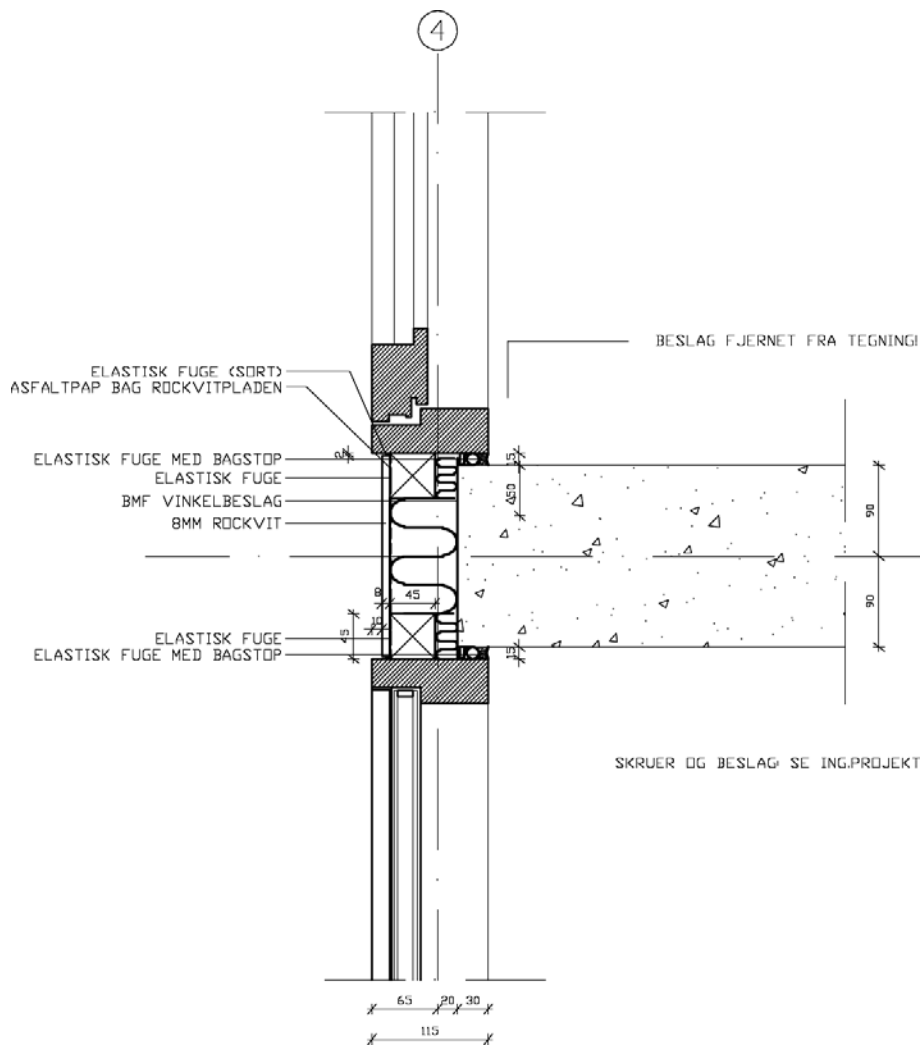
## Minimering af kuldebroer

Facadeelementerne, såvel de isolerede som glaselementer, er monteret med størst mulig hensyntagen til isoleringsmulighed ved dæk- og vægkonstruktioner.

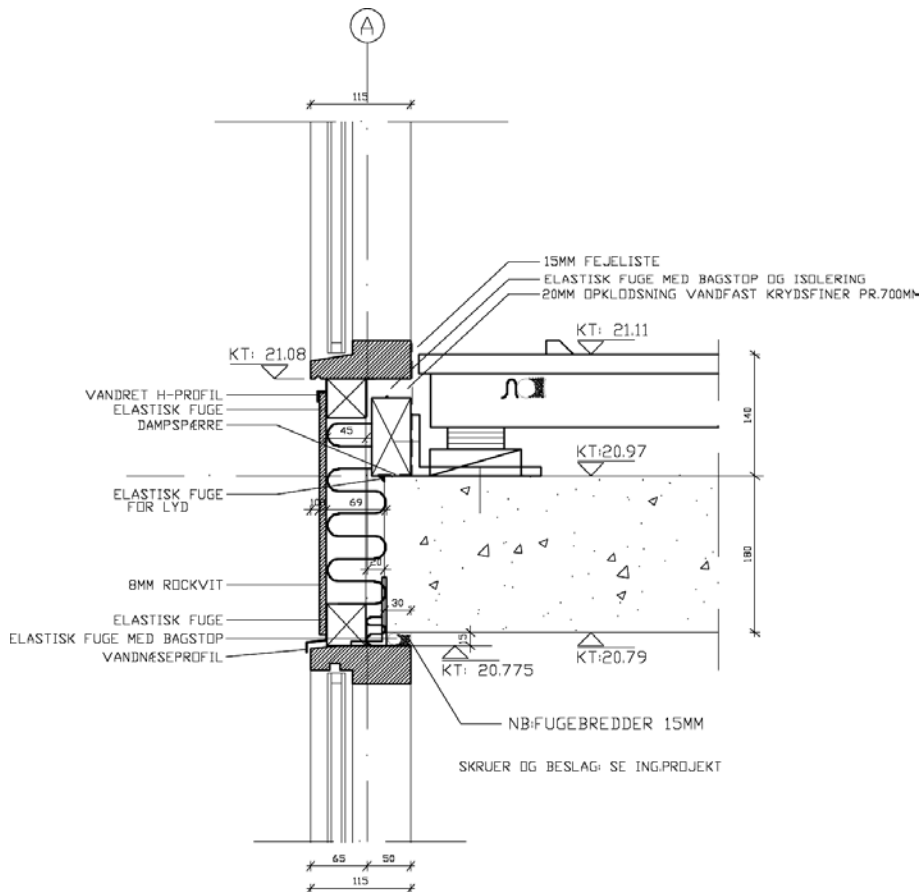
Samtidig er direkte kuldebroer ved montagebeslag og andre konstruktions-elementer i videst muligt omfang elimineret ved neoprenunderlag samt isolering.

Således er overlappet mellem beton og element minimeret, og facade-lukningen er ikke ventileret, idet facadepladen er en diffusionsåben sammenpresset isolering.

Dette giver mulighed for acceptable isoleringstykkelser trods den minimale facadekonstruktion.



Vandret snit i lejlighedsskel.



Lodret snit i etagedæk.

## Udluftning og solafskærmning

Alle rum med store glaspartier er udformet med mulighed for krydsventilering fra facade til facade. Modstående facader har således indbygget oplukke-mulighed i forskellige positioner, fra ventilationslutblik der er tyverisikret, til almindeligt kendte former for stormkroge.

Alle åbningspositioner betjenes manuelt, dette er af anlægsøkonomiske årsager, hvilket sætter krav til beboernes adfærd. Man må således påregne at bortventilere den overskudsvarme, bygningens konstruktioner ikke kan absorbere i de varme perioder.

Da alle gående vinduer er udadgående, giver dette fri mulighed for op-sætning af indvendig solafskærmning i form af gardiner, rullegardiner eller persienner.

Udvendig solafskærmning etableres alene i form af skyggevirkning fra ovenliggende pudsealtan, der har en dybde fra facade på ca. 80 cm.





Lukket foldedør set fra stue.



Åben foldedør set fra stue.

# Energi- og indeklimaforhold

I de følgende afsnit er beskrevet resultaterne af beregninger af energiforholdene for hele ejendommen og af temperaturforhold i udvalgte lejligheder.

## Energibehov

Varmebehovet i ejendommen er analyseret ved hjælp af metoden beskrevet i SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov (Aggerholm et al, 1995), som er udviklet i henhold til BR95 (Boligministeriet, 1995). Edb-programmet: Bygningers varmebehov 98, Bv98, (Grau & Aggerholm, 1999) er en elektronisk udgave af metoden og er benyttet i beregningerne af energiforbrug.

### Bygningsmodel til Bv98

Til brug for inddata til programmet er arealer taget fra plan- og snittegninger, som vist på figurerne i det foregående afsnit. Det opvarmede etageareal er 2500 m<sup>2</sup>, og indetemperaturen er i beregningerne sat til 20 °C.

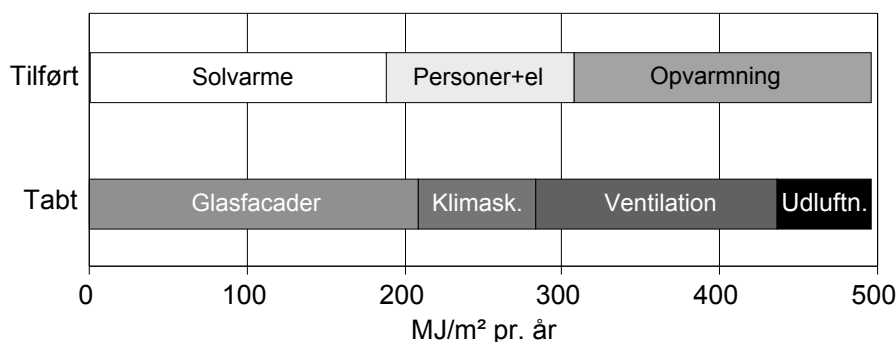
Der er benyttet oplukkelige foldedøre med en U-værdi for glasset på 1,1 W/m<sup>2</sup> K og solvarmetransmittans på 0,63. Den samlede U-værdi for vindueskonstruktionerne ligger mellem 1,3 og 1,7 W/m<sup>2</sup> K alt efter størrelse. Der er totalt 37 % vinduer i bygningen som helhed, men betragtes facaden vendende mod syd-øst, er der 75 % vinduer og 60 % glas.

De øvrige konstruktioner opfylder netop bygningsreglementets krav til varmeisolering.

Der er mekanisk udsugning fra køkken og badeværelse med en luftstrøm på 35 l/s pr. lejlighed. Der er mulighed for at kunne lade en dør eller vindue stå på klem og/eller åben i en fast position, også når man ikke er hjemme.

### Energibalance

Energibehovet til rumopvarmning og ventilation beregnes i MJ/m<sup>2</sup> etageareal pr. fyringssæson (september til maj inkl.) og er med de valgte forudsætninger 189 MJ/m<sup>2</sup> år (52,5 kWh/m<sup>2</sup> år). Det svarer til 87 % af den tilladte energiramme, som i denne ejendom er beregnet til 216 MJ/m<sup>2</sup> år (60 kWh/m<sup>2</sup> år).



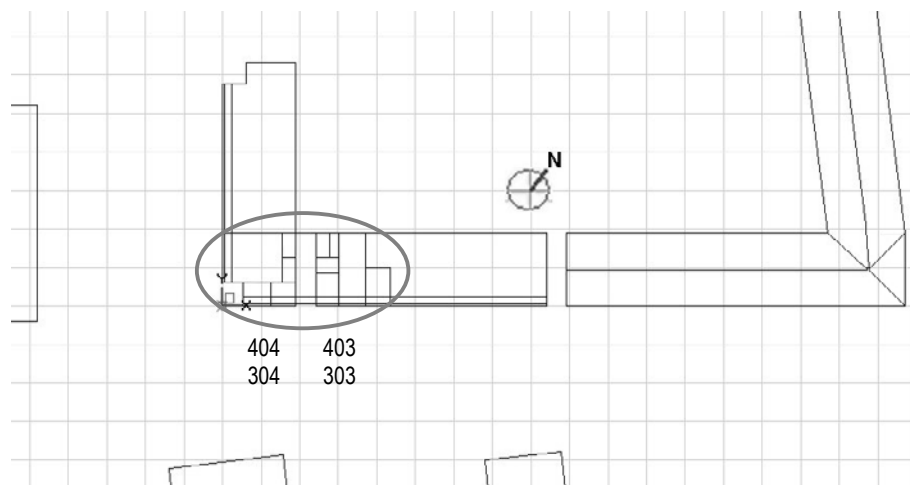
Varmebalancen for ejendommen som helhed over en opvarmingsæson (september til maj inkl.) i MJ/m<sup>2</sup> etageareal.

## Indeklimaforhold

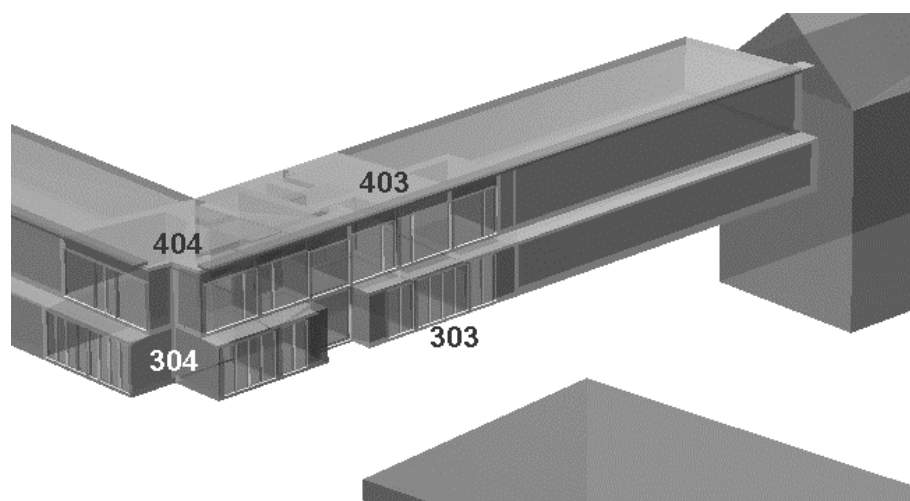
Det termiske indeklima i udvalgte lejligheder er analyseret med BSim2002 programpakken (Wittchen, Johnsen & Grau, 2000–2003) med henblik på at vurdere mulighederne for at holde indetemperaturen på et acceptabelt niveau om sommeren.

### Bygningsmodel til BSim2002

Der er opbygget en model af de lejligheder, som er mest belastet af solindfald, og dermed vil opnå de højeste indetemperatureer, hvis der ikke gennemføres særlige foranstaltninger. Det drejer sig om lejlighederne 303, 304, 403 og 404, som er beliggende på Bogholder Alle 30, på 3. hhv. 4. etage, og har vinduer imod syd-øst og syd-vest.



Bogholder Allé 28–32 med omliggende bygninger, som opbygget i BSim.



Visualisering fra BSim2002 af bygningsmodellens fire lejligheder.

Konstruktionerne i bygningsmodellen er opbygget i henhold til de fysiske forhold i projektbeskrivelsen (se nedenstående tabeller).

Konstruktion	U-værdi [W/m <sup>2</sup> K]
Lette facadeelementer	0,18
Tag	0,14
Glasfacade	1,1 (rude center værdi)
	1,3–1,7 (samlet værdi for hele konstruktionen)

Af hensyn til en korrekt simulering af solindfald og skygger i ejendommen er de omkringliggende bygninger medtaget i modellen. Ligeledes er tagudhænget medtaget som en selvstændig skygge giver.

I beregningerne er benyttet en ønsket indetemperatur på 20 °C i perioder med opvarmningsbehov og 23 °C som ønsket øvre temperatur før der regnes med udluftning eller solafskærmning. Som udeklima er benyttet det danske design referenceår (Møller Jensen & Lund, 1995).

Indetemperaturen i lejlighederne holdes nede ved forskellige virkemidler, men en effektiv, naturlig tværvæntilation er det vigtigste. Alle lejligheder, undtagen numrene 104, 204, 304 og 404, har mulighed for tværvæntilation fra hovedfacaden til gårdfacaden.

I de følgende afsnit ses resultaterne fra en række simuleringer med BSim. Effekten af forskellige muligheder for at holde indetemperaturen nede er vurderet i forhold til den beregnede indetemperatur i referencetilfældet.

### Forudsætninger

Generelle forudsætninger for BSim-modellens belastninger og systemer i referencetilfældet.

	Lejlighed nr.	303	304	403	404
<b>System</b>					
Udsugning		88,2 m <sup>3</sup> /time	94,0 m <sup>3</sup> /time	74,3 m <sup>3</sup> /time	75,2 m <sup>3</sup> /time
Driftstid		0 – 24	0 – 24	0 – 24	0 – 24
Infiltration		Udsugningen er etableret fra lejlighedernes køkken og bad med en samlet luftmængde svarende til 0,5 luftsifter pr. time for hele lejligheden. Erstatningsluften overføres ved mixing fra naborummene. Herved opstår et luftunderskud som automatisk udlignes ved infiltration. Luftunderskuddet i det enkelte rum er opgjort så det svarer til den samlede ventilationsluftmængde divideret med rummets andel af lejlighedens samlede facadeareal.			
<b>Udluftning i alle rum med vindue</b>					
Set pkt.		23 °C	23 °C	23 °C	23 °C
Max luftsifte (beboet) <sup>1)</sup>		10 h <sup>-1</sup>	10 h <sup>-1</sup>	10 h <sup>-1</sup>	10 h <sup>-1</sup>
Max luftsifte (ubeboet)		0 h <sup>-1</sup>	0 h <sup>-1</sup>	2 h <sup>-1</sup>	2 h <sup>-1</sup>
Solafskærmning		ingen	ingen	ingen	ingen
Personer (beboet)		2 voksne, 1 barn	2 voksne, 1 barn	2 voksne	2 voksne
<b>Belysning <sup>2)</sup> (beboet)</b>					
Toilet (4 timer pr. dag)		225 W	225 W	175 W	175 W
Øvrige rum ved solindfald < 200 W		100 W	100 W	100 W	100 W
<b>Udstyr <sup>2)</sup> (køkken/stue)</b>					
		Omfatter tv, video, stereo, køl/frys, komfur osv. Den maksimale effektafgivelse inden for en time er fastsat til 1 kW med en fordeling over døgnet svarende til grafen til højre. Den samlede effektafgivelse fra udstyr er 1420 kWh pr. år i hver lejlighed.			
<b>Opvarmning (20 °C)</b>					
Stue/køkken 3,5 kW		Størrelsen af varmesystemet er givet som 1,2–1,5 gange det dimensionerende varmetab for rummet. Drifttiden for opvarmningen er hele døgnet i ugerne 39 til 19.			
Værelser 1,2 kW					
Toilet 0,8 kW					

Systemer der påvirker temperaturen i lejlighederne

<sup>1)</sup> Beboet tid regnes som mandag–fredag time 17–8 og weekends time 1–24.

<sup>2)</sup> Der er alle steder regnet med brug af lavenergipærer og el-besparende husholdningsapparater.

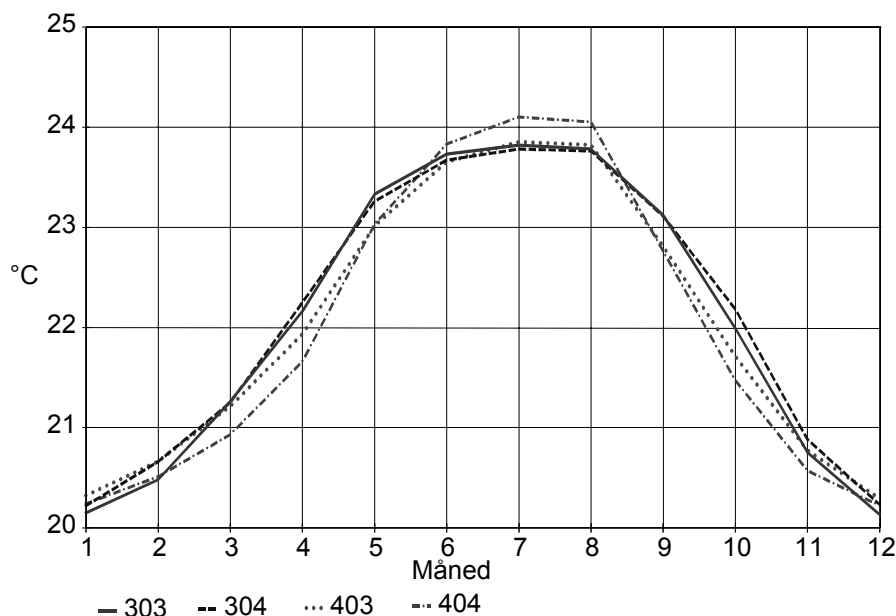
### Reference

I de første simuleringer er modellen af lejlighederne opbygget som oprindeligt projekteret, dvs. uden særlige foranstaltninger til at holde indetemperaturen nede. Ud fra resultaterne af disse er det vurderet, om det var nødvendigt at træffe særlige foranstaltninger for at opretholde en acceptabel indetemperatur om sommeren.

Som reference for lejlighedernes generelle temperaturniveau benyttes stue/køkken i alle lejligheder, idet dette rum må antages at være det mest benyttede rum i lejlighederne.

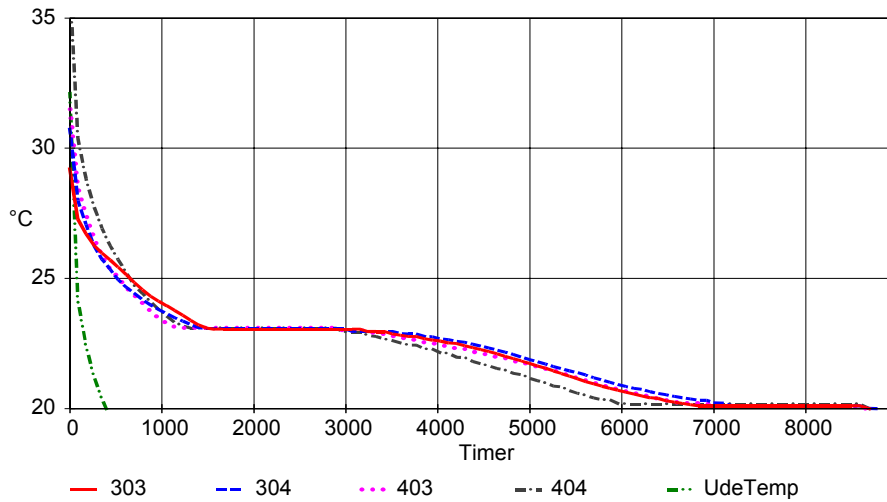
I de følgende analyser er benyttet den såkaldte operative indetemperatur, herefter kaldet indetemperaturen. Denne temperatur udtrykker den oplevede indetemperatur og er den temperatur, alle systemer i BSim-programmet regulerer efter. Den operative indetemperatur beregnes som middelværdien af lufttemperaturen og den arealvægtede overfladetemperatur i hvert rum.

I nedenstående figur ses månedsmiddeltemperaturen i de fire simulerede lejligheder. I tre af lejlighederne er indetemperaturene nogenlunde ens, men i lejlighed 404 – øverste etage vendende mod syd-vest – er indetemperaturen noget højere.



Månedsmiddelværdierne for den operative indetemperatur i de fire simulerede lejligheder. Lejlighed 404 har klart den højeste middeltemperatur om sommeren.

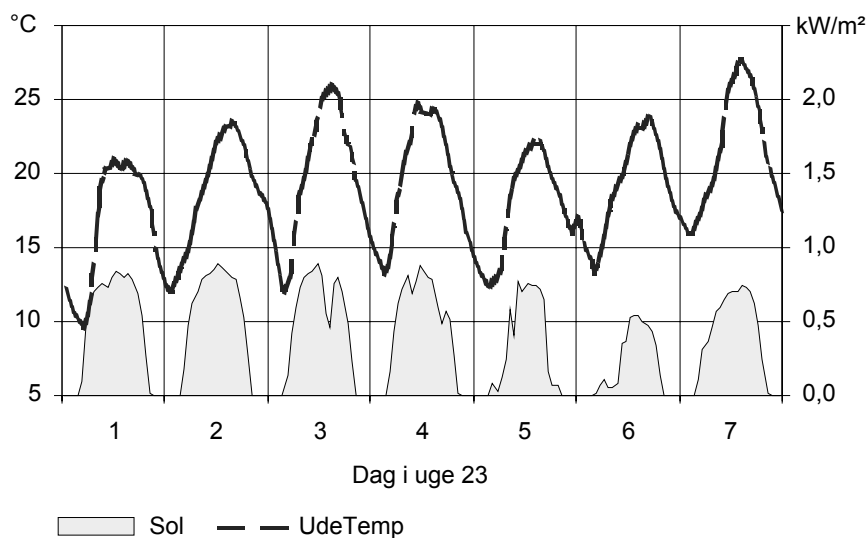
Hvis man i stedet for middeltemperaturer betragter timeværdierne, fremgår det, at indetemperaturen til tider bliver meget høj. I ca. 550 timer ligger den beregnede indetemperatur således over 25 °C i de fire lejligheder. Nedenstående figur viser en summering af antallet af timer, hvor indetemperaturen i de fire lejligheder er over en given temperatur.



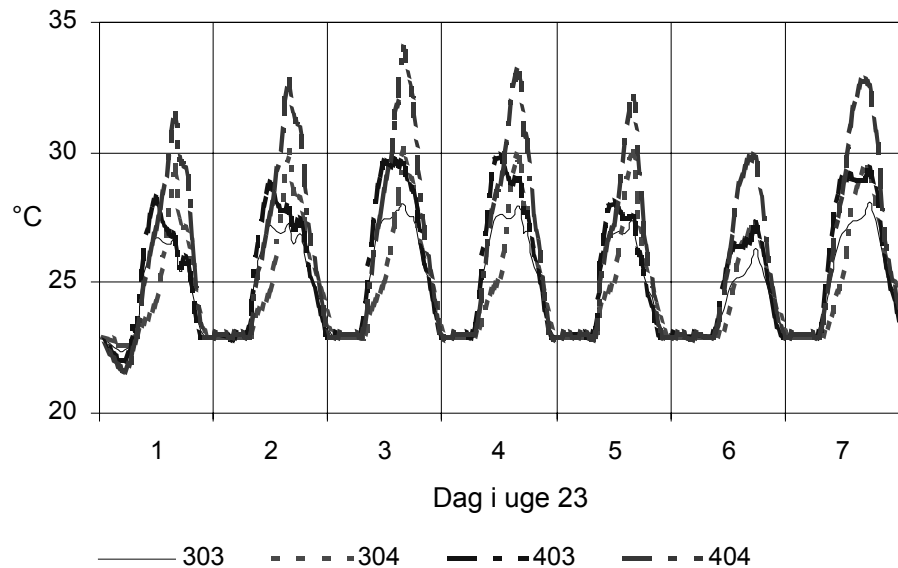
Sumkurve for indetemperaturen i de fire lejligheder. Kurven angiver, hvor mange timer i løbet af året indetemperaturen er over en given grænse. Fx er indetemperaturen i alle lejligheder over 25 °C i mere end ca. 550 timer af årets 8760 timer. Til sammenligning er udeluften over 25 °C i mindre end 70 timer.

Af de 550 timer med en indetemperatur over 25 °C falder mellem 125 og 265 timer inden for brugstiden afhængig af lejlighedens beliggenhed.

Den periode, som giver de højeste indetemperaturer, er uge 23. I nedenstående graf ses indetemperaturen i stue/køkken i de fire lejligheder i uge 23. Det fremgår, at lejlighed 404 har en markant højere indetemperatur end de øvrige lejligheder, også i de perioder, hvor lejlighederne er beboede.



Uge 23 er udvalgt som repræsentativ for en varm sommeruge og benyttes i det efterfølgende til vurdering af sommerforholdene.

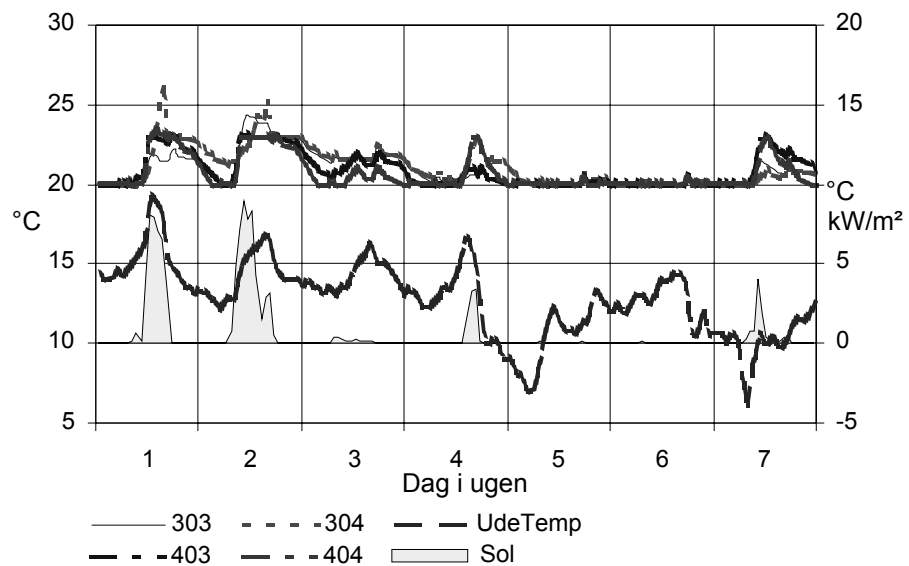


Indetemperaturen i stue/køkken i de fire simulerede lejligheder i referenceårets uge 23.

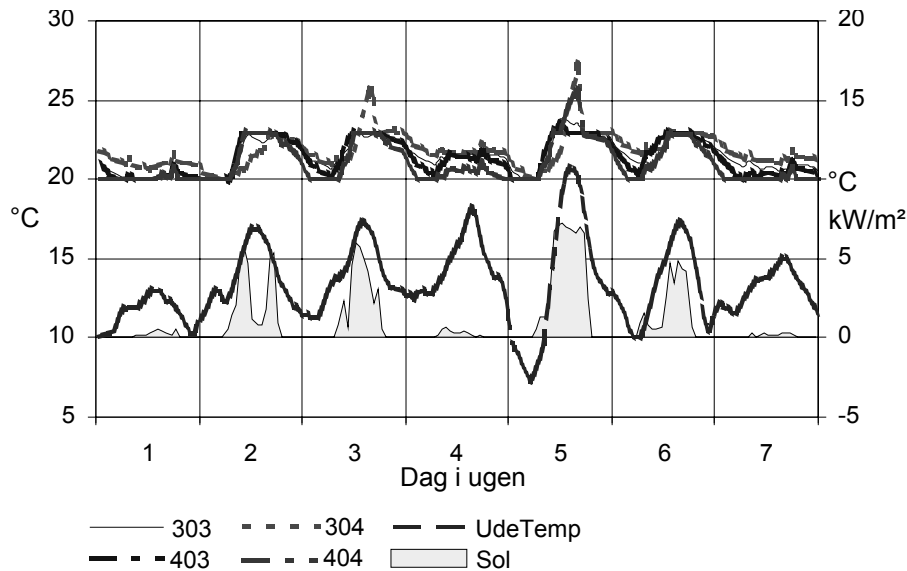
For at kunne vurdere årsagen til det høje temperaturniveau i uge 23 og dermed mulighederne for at reducere dette, er det nødvendigt at kende størrelsen af de enkelte bidrag til varmebalancen. I den pågældende uge er solen det helt dominerende bidrag til varmebalancen. Solvarmebidraget er således mere end 6 gange så stort som varmetilskuddet fra personer, belysning og el-apparater i lejlighed 404 tilsammen. I de øvrige lejligheder er bidraget fra solvarmen ikke så markant, men det er stadig det klart største enkeltbidrag.

Det meste af varmen fra solen fjernes ved udluftning, men en stor restandel bidrager til opvarmningen. Det er derfor mest hensigtsmæssigt at sætte ind med en reduktion af solindfaldet for at reducere rumtemperaturen.

De følgende analyser er primært rettet imod forholdene i lejlighed 303 og 403, idet disse kan betragtes som normalejligheder. Til analyserne er udvalgt tre uger fra referenceåret: en varm sommeruge (uge 23), en typisk vinteruge (uge 9) og en typisk overgangsuage (uge 14).



Indetemperaturen i uge 9 – en typisk vinteruge – i de fire simulerede lejligheder. Udetemperaturen og den udvendige normalstråling på vandret aflæses på den sekundære y-akse.



Indetemperaturen i uge 14 – en typisk overgangssuge – i de fire simulerede lejligheder. Udetemperaturen og den udvendige normalstråling på vandret aflæses på den sekundære y-akse.

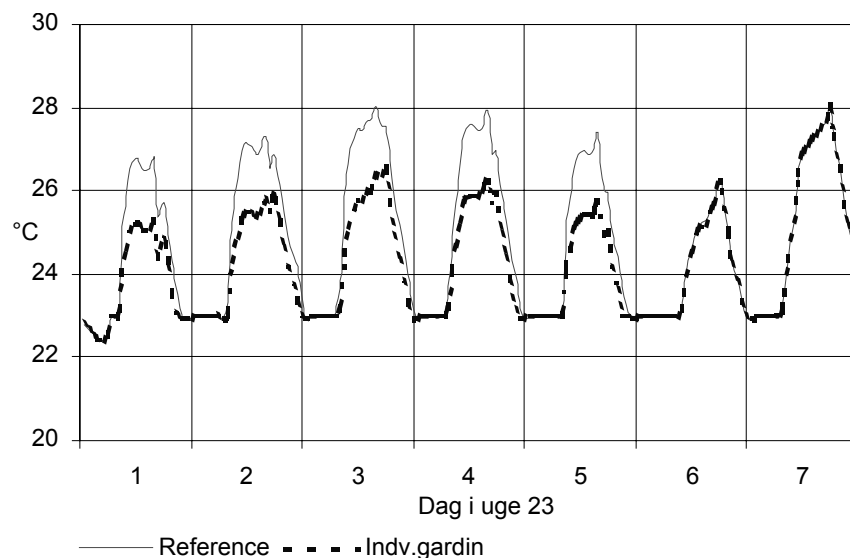
Også i uge 9 og 14 er det tydeligt, at indetemperaturen i lejlighed 404 er markant påvirket af solindfaldet.

#### Indvendig lyst gardin som solafskærmning

Efter at have konstateret, at indetemperaturen i lejlighederne bliver uacceptabelt høje i en stor del af året, er forskellige muligheder for reduktion af indetemperaturen analyseret. Den største kilde til de høje indetemperaturer er solindfaldet, hvorfor det er mest hensigtsmæssigt at reducere dette bidrag.

I modellen er der, ud over referencemodellen, regnet med en indvendig, lys solafskærmning, som benyttes i alle lejligheder, når de er ubenyttede. Gardinet antages at have en afskærmningsfaktor på 0,60 – svarende til at 40 % af solstrålingen afskæres.

Resultaterne fra denne analyse viser, at antallet af timer med en indetemperatur over 25 °C inden for lejlighedernes brugstid kan reduceres til mellem 80 og 220 timer afhængig af lejlighedens beliggenhed.. Det samlede antal timer – i de perioder, hvor lejlighederne er i brug – med en indetemperatur over 25 °C er dog stadig højt. Nedenstående figur viser indetemperaturen i lejlighed 303, når der benyttes indvendige lyse gardiner som solafskærmning i de perioder, hvor lejlighederne er ubenyttede (inden for normal arbejdstid) i forhold til indetemperaturen i referencetilfældet.



Indetemperatur i lejlighed 303 i uge 23 ved brug af indvendige lyse gardiner uden for brugstiden og i referencetilfældet. Indetemperaturen er markant lavere ved brug af gardiner i hverdage.



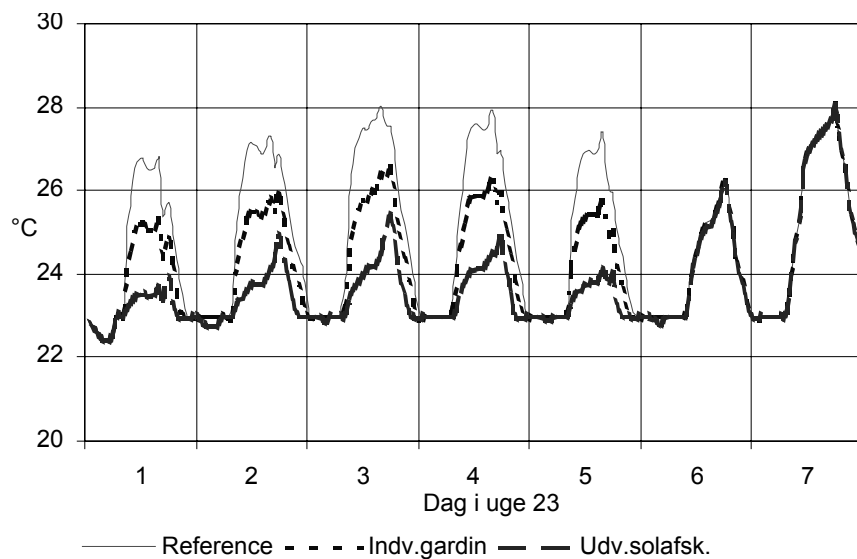
Det fremgår af kurven, at indetemperaturen bliver reduceret med op til 1,7 °C midt på solrige dag i forhold til referencetilfældet.

#### Udvendig solafskærmning

Udvendig solafskærmning er normalt mere effektiv end indvendig solafskærmning, idet varmetilskuddet fra solen afskæres og ventileres bort, inden det kommer ind i rummene. Det er derfor gennemført en analyse af effekten af en udvendig solafskærmning.

I forhold til referencemodellen er der introduceret en effektiv udvendig solafskærmning, med en afskærmningsfaktor på 0,15 – svarende til at 85 % af solstrålingens energi afskæres. Solafskærmningen antages, lige som de indvendige lyse gardiner, også at blive benyttet i de perioder, hvor lejlighederne er ubenyttede (normal arbejdstid).

I nedenstående figur ses indetemperaturen i lejlighed 303 i uge 23 i de tre simulerede tilfælde. Det fremgår tydeligt, at brugen af udvendig solafskærmning eller indvendige lyse gardiner har stor indflydelse på indetemperaturen på de dage, hvor solafskærmningen forventes benyttet (hverdage).



Indetemperaturen i lejlighed 303 i uge 23. Indetemperaturen er vist ved brug af udvendig solafskærmning, ved brug af indvendige lyse gardiner samt i referencetilfældet.

Resultatet af disse simuleringer viser en yderligere reduktion af indetemperaturen i forhold til, hvad der blev fundet ved brug af lyse indvendige gardiner. Med en effektiv udvendig solafskærmning og effektiv naturlig ventilation er det muligt at opnå indetemperaturer som i dagtimerne kun ligger lidt over udetemperaturen. Antallet af timer med en indetemperatur over 25 °C inden for brugstiden er mellem 45 og 180.

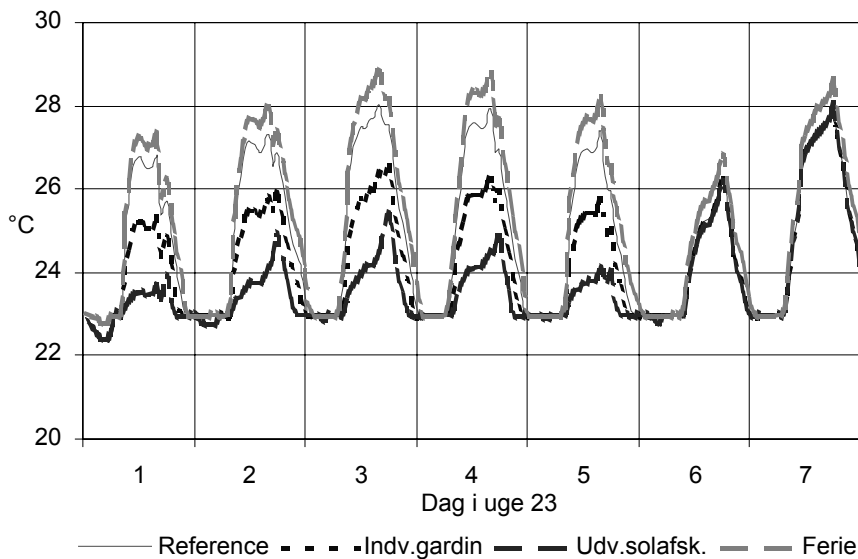
Lige som for de indvendige, lyse gardiner findes den mindste reduktion af indetemperaturen ved udvendig solafskærmning i lejligheder med opholdsrum imod vest. Det skyldes dels den lavere solhøjde, når solen rammer vinduerne i disse lejligheder om eftermiddagen og dels, at lejlighedernes brugstid falder sammen med den største solbelastning.

#### Ubenyttet nablejlighed

Ovenstående analyser er gennemført for den normale drifttilstand i lejlighederne, dvs. beboerne kommer hjem om eftermiddagen og kan lufte ud ved at åbne de store foldedøre i facaden. Det er dog også vigtigt at kende forholdene under mere ekstreme forhold. Dette er fx, at lejlighed 403 henstår ubenyttet i en periode og dermed er uden udluftning. Forholdene i lejlighed 403 vil påvirke temperaturen i lejlighed 303.

I analysen er eneste ændring i forhold til referencetilfældet, at udluftningen i lejlighed 403 er afbrudt. I nedenstående figur ses en sammenligning af

indetemperaturen i lejlighed 303, dels når lejlighed 403 er ubenyttet og dels i referencetilfældet.



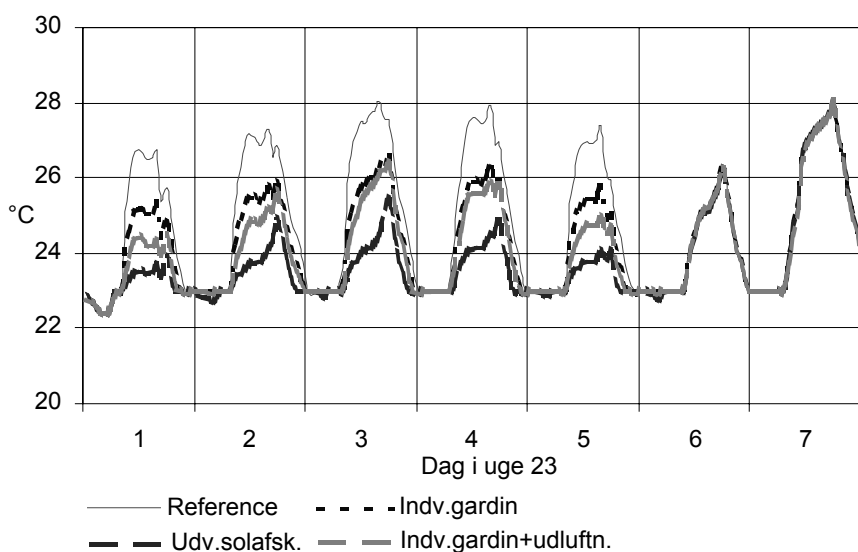
Indetemperaturen i lejlighed 303 i uge 23, når lejlighed 403 er ubenyttet og indetemperaturen i lejlighed 303 i referencetilfældet.

Indetemperaturen i lejlighed 303 er påvirket af forholdene i lejlighed 403. Hvis lejlighed 403 henstår ubenyttet, vil middeltemperaturen i lejlighed 303 stige med 0,4 °C over døgnet i en varm sommerperiode i forhold til referencetilfældet.

En sommerferiesituation er den mest kritiske, men indflydelsen på nabo-lejlighederne er begrænset.

#### Ekstra udluftning

Der er med særligt designede beslag etableret mulighed for etablering af tværv ventilation ved at låse foldedørene i en position med en åben sprække. Med dette beslag er det forventeligt muligt at opretholde en udluftningsgrad på op til 2 luftskifter pr. time, også i de perioder hvor lejlighederne er ubenyttede. I de tidligere simuleringer er denne type udluftning alene benyttet i lejlighederne på øverste etage, og ændringen vil derfor ikke have indflydelse på disse lejligheder. Med denne antagelse kan nedenstående figur fra simuleringerne optegnes.

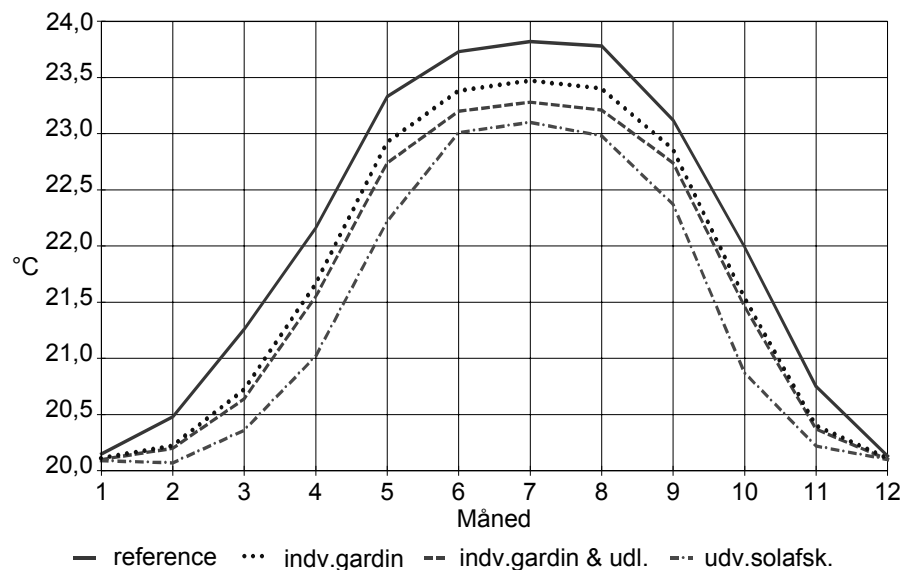


Indetemperaturen i lejlighed 303 i reference tilfældet, med indvendige gardiner som solafskærmning, med udvendig solafskærmning og med en kombination af indvendige gardiner og ekstra udluftning, når lejligheden er ubenyttet.

Det fremgår af figuren, at, indetemperaturen kan nedbringes med ca. 1 °C i forhold til, hvis der benyttes et indvendigt gardin som solafskærmning og ingen mulighed for tværv ventilation. Denne foranstaltning er ikke lige så effektiv som en udvendig solafskærmning, men yder dog et væsentligt bidrag til at holde indetemperaturen på et acceptabelt niveau.

### Sammenfatning af simuleringer

Foranstaltningerne til reduktion af solindfaldet har tydelig indflydelse på indetemperaturen i lejlighederne. Betragtes lejlighed 303 som repræsentativ for de normalt belastede lejligheder i ejendommen kan effekten af de forskellige typer solafskærmning ses af nedenstående graf, der viser månedsmiddeltemperaturen i de fire tilfælde (reference, indvendige lyse gardiner, udvendig solafskærmning samt indvendige gardiner plus udluftning, når beboerne ikke er hjemme).



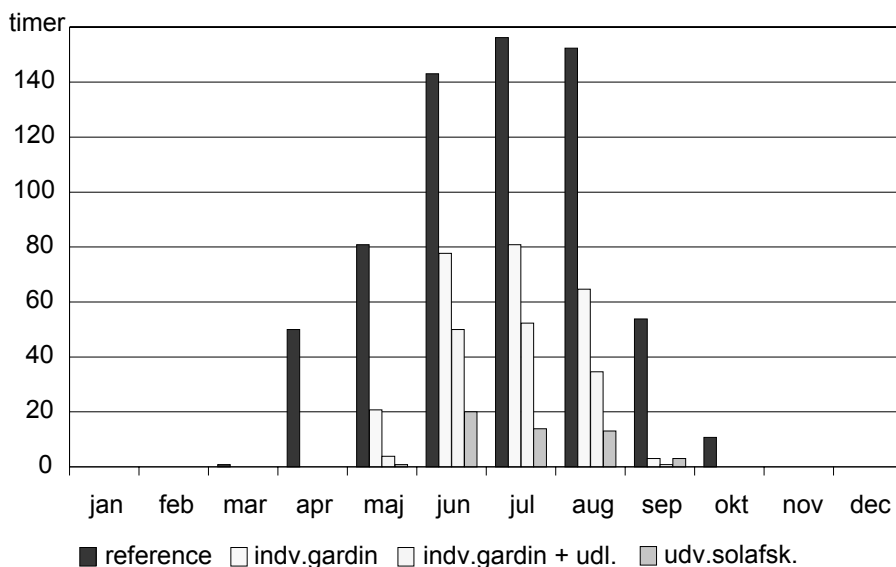
Månedsmiddeltemperaturen [°C] i køkken/alrum i lejlighed 303 i referencemodellen, hhv. med lyse indvendige gardiner, med udvendig solafskærmning og med en kombination af indvendige lyse gardiner og udluftning, når beboerne ikke er hjemme.

De varmeste og mest solbelastede lejligheder vender imod vest (lejlighed nr. 304 og 404). Men som det fremgår af nedenstående tabel er det penthouselejlighederne på 4. etage, som har de største antal timer med indetemperatur over 25 °C.

Lejlighed	Timer over 25 °C i beboet tid, hele året				403 ubenyttet
	Reference	Indv. gardin	Udv. solafsk.	Indv.gardin+ udl.	
303	124	79	44	68	166
304	176	131	91	107	177
403	164	141	102	141	(2182)
404	265	217	177	217	265

Det termiske indeklima i lejlighederne er bl.a. karakteriseret ved antallet af timer, hvor beboerne er hjemme og indetemperaturen er over 25 °C. I tabellen ses disse timetal ved de forskellige forudsætninger for simuleringerne.

Fordelingen af timer, hvor indetemperaturen i lejlighed 303 er over 25 °C i løbet af året er vist i følgende figur. Mere end 70 % af alle timer med indetemperaturen over 25 °C falder i juni, juli og august.



Antallet af timer hvor indetemperaturen i lejlighed 303 overskrider 25 °C fordelt på årets 12 måneder i de tre tilfælde. De høje indetemperaturer er koncentreret i sommermånederne og skyldes en kombination af meget solindfald og høje udetemperaturer.

Til sammenligning er der totalt set ca. 50 timer med en udetemperatur over 28 °C. Når antallet af timer inden for brugstiden i lejlighederne her sammenlignes med det totale antal timer for udeluften skyldes det, at en høj udetemperatur uden for brugstiden (tidligere på dagen) har stor betydning for indetemperaturen senere på dagen på grund af bygningens evne til at akkumulere varme.

De mest solbelastede lejligheder er stadig noget varmere end det normalt kan forventes af en lejlighed i en etageejendom. I en ejendom som Bogholder Allé 28–32 med så store glasarealer, må det dog altid forventes, at indetemperaturen ligger over udetemperaturen i varme, solrige perioder.

Som demonstreret i simuleringen, med en kombination af indvendige lyse gardiner som solafskærmning og konstant åbne foldedørene i udluftningsposition, kan temperaturniveauet reduceres yderligere. Der kan således opnås en indetemperatur på de varmeste dage, som kun er et par grader over udeluftens temperatur. Størrelsen af udluftningen er i simuleringen anslået noget konservativt – max. 2 luftskifter pr. time og først, når indetemperaturen overstiger 23 °C. I virkeligheden kan luftskiftet forventes at blive noget højere, og styringen efter en indetemperatur på 23 °C vil ikke forekomme. Foldedørene vil derimod blive efterladt på klem, når der er udsigt til varmt og solrigt vejr. Det betyder, at indetemperaturen i mange tilfælde vil blive lavere end 23 °C, og dermed medvirke til at sænke det generelle temperaturniveau i lejlighederne.

I simuleringerne er det regnet på lejlighederne på de øverste to etager. De øvrige lejligheder har en udvendig solafskærmning i form af gulvet i pudsealtanen fra den overliggende lejlighed. Det bevirker, at solindfaldet i disse lejligheder er lavere end i lejlighederne på de øverste etager. Om sommeren vil ca. 1/3 af arealet af de sydvendte vinduer på 1. og 2. etage ligge i skygge for det direkte solindfald. Det betyder, at disse lejligheder vil opnå en lavere indetemperatur end lejlighederne på de øverste to etager.

# Summary

## By og Byg Results 030: Multi-openable glazed facade in a new multi-storey building

The purpose of this project was to demonstrate how new types of glazing and glazed areas can be incorporated in a new multi-storey building and how new facade expressions as well as good spatial and light effects can be achieved.

From mid-2002 to mid-2003 a multi-storey building project was built in Copenhagen, Denmark. The project was designed by the architectural firm of Lundgaard & Tranberg A/S. The building owner is Københavns Sociale Boligselskab (KSB) and the manager was Fællesadministrationen 3B. The building project comprised 24 apartments distributed on 4 floors. A major part of the facades are made of glass, especially facades orientated toward south-east and south-west.

A newly developed multi-openable facade system is used which consisted of highly insulating multi-folding doors that makes it possible to open the whole, or major parts, of the facade. This enables a more varied and unconventional use of the dwelling by opening of the folding doors, a use that follows the user patterns known from conservatories, glass extensions and balconies. It creates great spaciousness and flexibility.

A balcony to facilitate window cleaning of the exterior glass areas was established along the full length of the living room. The balcony is 80 cm deep.

In a preliminary project 'Highly insulating glazing areas in new multi-storey buildings' (Engelund Thomsen, Schmidt & Aggerholm, 2001), other factors proved to be greatly significant for the design of facades with large areas of highly insulating glass. They included factors such as durability and not much maintenance, impermeability and air tightness, easy closing mechanism, vents for each room as well as accommodation of solar shading. Moreover, the tightness of the folding doors was decisive for infiltration, durability, thermal and acoustic insulation as well as the indoor climate. These factors were therefor closely analysed in this project.

Furthermore, thermal bridges were avoided wherever possible or minimised.

One of the most significant problems of multi-storey buildings with very large glass areas is the risk of unacceptably high temperatures on sunny periods during the summer season. It is therefore important to ensure good ventilation options as well as efficient solar shading. This was achieved by using cross ventilation from facade to facade, the possibility of ventilating while the occupants were not at home, and by light-coloured solar shadings.

### Plan solutions for dwellings

The building was designed to accommodate great flexibility for the individual dwelling. Part of the partitions of the dwelling were placed on top of wooden floors in order to facilitate changing the rooms as the needs of the occupants changes. Moreover, the facade opened the full width of the living room thereby creating a balcony effect with the ensuing possibilities for interior decorating.

Most of the apartments are social co-owned dwellings, the occupants of which paid a larger deposit than usual and in return had influence on the arrangement of their dwelling.

The first occupants, who represented a broad section of different types of family, showed great involvement.

### **Energy and temperature conditions**

Double-glazed low-emissivity glazing with a centre U-value of  $1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$  and solar heat transmittance of 0.63 was used. Other structures just met the requirements of the Danish Building Regulations. The insulation level of the thermal envelope was selected for reasons of economy, i.e. the building costs. Calculations of the heat demand showed that by using this type of glazing, it was possible to reduce heat consumption by approximately 15 % compared with the Danish Building Regulation requirements. Further insulation of the thermal envelope will enable additional reduction of the energy consumption by 25-30 % as targeted in the Danish Energy Plan Energi 21 (Miljø- og Energiministeriet, 1996).

Calculations of temperature conditions showed that it would be possible to keep the indoor temperature at an acceptable level by means of efficient solar shading and natural ventilation. Three typical weeks were chosen for the analysis: a warm summer week, a cold winter week and a week typical of the transitional periods. Calculations showed that even during the typical transitional weeks and the cold winter week, indoor temperature was much influenced by solar radiation. In a building with large glass areas it would be necessary to establish a light-coloured solar shading, preferably externally, and a possibility of ventilating the dwelling, also when the occupants are not at home during the day.

During design a special closing mechanism was developed to enable the folding doors to be locked in a position that permitted natural ventilation. The building was not provided with exterior solar shading, but the occupants were encouraged to use light-coloured curtains as interior solar shading. In this way it will be possible to maintain an indoor air temperature on hot days, which is only a few degrees above the outdoor air temperature.

In connection with the development of this new multi-openable facade system it would be interesting to follow up on how the occupants perceive and use their dwelling and also to measure energy consumption and temperatures.

## Referencer

Aggerholm, S., et al. (1995). *Bygningers energibehov: Varmeisolering. Konstruktionseksempler. Ventilation. Belysning* (SBI-anvisning 184). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Boligministeriet. (1995). *Bygningsreglement 1995*. København.

Engelund Thomsen, K., Schmidt, H., & Aggerholm, S. (2001). *Højsolerende glaspartier i nye etageboliger* (By og Byg Resultater 010). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Grau, K., & Aggerholm, S. (1999). *Bygningers varmebehov Bv98: Pc-program til beregning af varmebehov og energiramme. Brugervejledning Version 1.0*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Miljø- og Energiministeriet. (1996). *Energi 21: Regeringens energihandlingsplan 1996*. København.

Møller Jensen, J., & Lund, H. (1995). *Design reference year, DRY: Et nyt dansk referenceår* (Meddelelse nr. 281). Lyngby: Danmarks Tekniske Højskole: Laboratoriet for Varmeisolering.

Wittchen, K. B., Johnsen, K., & Grau, K. (2000-2003). *Bsim Brugervejledning*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Rapporten beskriver et etagebyggeri på Bogholder Allé i Vanløse, hvor der er benyttet et nyudviklet multioplukkeligt facadeelement. Brug af 4-fags fløjdøre i rummets fulde højde gør det muligt at åbne hele eller store dele af facaden. Det giver mulighed for en helt ny udnyttelse af rummene med et brugsmønster, der kendes fra udestuer og glasaltaner. I rapporten er varmebehovet for hele ejendommen beregnet og temperaturforholdene i udvalgte lejligheder analyseret.

1. udgave, 2003  
ISBN 87-563-1176-1  
ISSN 1600-8049

