



## **Blev de billige boliger bedre?** Evaluering af teknik og produktion

**Bjarløv, Søren Peter**

*Publication date:*  
2011

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Bjarløv, S. P. (2011). *Blev de billige boliger bedre? Evaluering af teknik og produktion*. Kunstakademiets Arkitektskole.

---

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



# Blev de billige boliger bedre?

Evaluering af teknik og produktion

Af Søren Peter Bjarløv

# Blev de billige boliger bedre? Evaluering af teknik og produktion

Forfatter:

Søren Peter Bjarløv, lektor, arkitekt maa

Illustrationer og foto:

Som angivet

Produktion:

DTU.BYG

[www.dtu.dk](http://www.dtu.dk)

Udarbejdet med støtte fra:

KAB Fonden og Boligfonden Kuben

ISBN: 978-87-7830-261-8

Udgivelse:

Kunstakademiets Arkitektskole 2011

© DTU - Danmarks Tekniske Universitet 2011

## Forord

Denne rapport er en del af en større evaluering af seks bebyggelser, der indenfor de seneste år er blevet bygget med henblik på at billiggøre boligbyggeriet. I den samlede evaluering fokuseres der på tre temaer:

- Den arkitektoniske og designmæssige kvalitet
- Bolig- og brugskvaliteten bedømt af beboerne
- Boligernes tekniske kvalitet og produktionsteknologien bag

Denne delrapport fokuserer på boligernes tekniske kvalitet og produktionsteknologien bag. Undersøgelsen er finansieret af KAB Fonden og Boligfonden Kuben.

## Indholdsfortegnelse:

1.0 Introduktion .....	5
2.0 Teknik og produktion .....	9
2.1 Systemleverancer generelt .....	9
2.2 De 3 aktørers visioner og ideer med bebyggelserne.....	9
2.3 De 3 aktørers byggerier og produktionsform generelt.....	10
2.4 Rammebetingelserne for anvendelse af fladeelementer og volumenelementer .....	13
2.5 Opførelsen af bebyggelserne .....	15
2.6 Volumenelementets udtryksmuligheder .....	22
2.7 De 6 bebyggelses konstruktive og byggetekniske opbygning .....	23
2.7.1 BoKlok - Bebyggelsen SophienborgBo i Hillerød.....	23
2.7.2 BoKlok - Bebyggelsen SøndergårdBo i Måløv, Ballerup.....	26
2.7.3. De Forenede Ejendomsselskaber - Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Ølby, Køge ...	27
2.7.4 De Forenede Ejendomsselskaber - Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Kvistgård, Helsingør.....	30
2.7.5. Fonden for billige boliger - bebyggelsen Vildrose 1+2 i Valby, København.....	31
2.7.6. Fonden for billige boliger - Bebyggelsen Solbyen i Ullerød, Hillerød.....	33
3.0 Byggetekniske egenskaber .....	37
3.1 Lyd .....	37
3.2 Tæthed.....	38
3.3 Opvarmning og ventilation.....	39
3.4 Fugt.....	42
3.5 Undersøgelse af krybekældre.....	44
4.0 Konklusion .....	52
4.1 Fordele ved de lette præfabrikerede boligbyggerier .....	52
4.2 Ulemper og fokusområder ved de lette præfabrikerede boligbyggerier .....	52
5 Bilag .....	55
6 Referencer.....	56
Bilag 1 .....	57

## 1.0 Introduktion

I det seneste 10 år har der været en række konkrete udspil, der med afsæt i udenlandske erfaringer rettede sig mod at udvikle en dansk model for billige boliger.

Der har været fokus på, at familier med almindelige indtægter har haft svært ved at bosætte sig i de større byer på grund af stigende huspriser.

Dette er ikke kun et dansk fænomen. Problemet er f.eks. også kendt i London, hvor Londons nu tidligere borgmester Ken Livingstone i 2004 satte det strategiske mål, at 50 % af alle nyetablerede boliger i London skal være 'affordable housing' – boliger der er til at betale. Visionen er, at der for hver 100 nye boliger er 35 almene boliger og 15 boliger, som sygeplejersker, politibetjente, pædagoger og skolelærere har råd til at betale.

De igangsatte initiativer har haft forskellige aktører, der er gået til opgaven på forskellig vis – både byggeteknisk og organisatorisk. Der er særligt tre aktører, der har været fremherskende indenfor dette område; det er BoKlok, som er et samarbejde mellem Ikea og Skanska; det er De Forenede Ejendomsselskaber, Bedre billigere boliger; og det er Fonden for billige boliger.

I denne rapport evalueres i alt seks bebyggelser; to bebyggelser udført af hver af de ovenfor nævnte tre aktører:

### BoKlok Bebyggelsen SophienborgBo i Hillerød



Adresse, Dalles Have og Mette Friis Have, 3400 Hillerød  
Arkitekter: BoKlok og Tegnestuen Vandkunsten A/S  
Entreprenør: Skanska Danmark A/S  
Administration: BoKlok A/S  
Producent: Moelven Byggemodul AS, Sverige  
Antal boliger: 84  
Opførelsesår: 2004-2005

Figur 1 SophienborgBo

I Hillerød er andelsboligforeningen SophienborgBo rammerne om et hyggeligt liv i grønne omgivelser. BoKlok-husenes lejligheder findes med to, tre eller fire værelser. Alle lejligheder råder over et depotrum plus en privat terrasse eller altan. Husene er omgivet af et fællesareal med græs, frugttræer, buske mv. – og et dejligt naturområde med sø og skov ligger få minutters gang fra SophienborgBo.

Facadeløsningen er samtidig et af de interessante problemfelter for BoKlok byggerierne. Der skal findes en facadeløsning, der passer til det pågældende lands byggeskik.

Et af principperne for byggerierne, er at det skal give beboerne en oplevet kvalitetsfølelse og samtidigt være økonomiske. I husene ses dette ved, at der f.eks. er ekstra højt til loftet i forhold til normale nybyggerier, og der skal vælges gedigne materialer, som ikke virker billige.

**BoKlok**  
**Bebyggelsen SøndergårdBo i Måløv, Ballerup**



**Figur 2 Måløv**

Adresse: Bækholmen, Måløv  
Arkitekter: Tegnestuen Vandkunsten A/S  
Ingeniører: Dines Jørgensen A/S  
Entreprenør: Skanska Danmark A/S  
Administration: BoKlok A/S  
Producent: Moelven Byggemodul AS  
Antal boliger: 39  
Opførelsesår: 2006-2007

De 2-etages rækkehuse på ca. 117m<sup>2</sup> er ens og sammensat af 4 lette volumenelementer. Hver bolig indeholder 5 værelser, gæstetoilet m/brus, bad og køkken samt en lille have med terrasse, græsplæne og afskærmende hæk til fælles grønne områder. Idéen er ligesom ved SophienborgBo at bygge moderne og rummelige boliger til en overkommelig månedlig udgift.

**De Forenede Ejendomsselskaber**  
**Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Ølby, Køge**



**Figur 3 Pærehaven, Ølby**

Adresse: Pærehaven, Morelhaven og Blommehaven, Ølby, 4600 Køge  
Arkitekter: Juul | Frost Arkitekter A/S  
Entreprenør/Ingeniør: Aicon A/S  
Administration: De Forenede Ejendomsselskaber A/S  
Producent: Taasinge Træ A/S  
Antal boliger: 251  
Opførelsesår: 2004-2007

I 2001 udskrev DFE A/S sammen med Statens Kunstfond en arkitektkonkurrence med det formål at give landets tegnestuer og byggebranchen en udfordring:

Opgaven lød på at tegne kvalitetsboliger, der kunne bygges for meget lave byggeomkostninger, men som samtidigt levede op til Statens Kunstfonds kardinal krav om at demonstrere oplevelsesgivende og tidssvarende nytænkning.

Arkitektfirmaet Juul og Frosts konkurrenceforslag blev valgt af en enig dommerkomite. Selskabet BBB blev stiftet, og det første byggeri, Pærehaven i Køge stod klar i 2004 og var de første bedre og billigere boliger. Byggeriet i Køge omfatter i alt 251 boliger. Bebyggelsen kaldes i dag Frugthaverne og består foruden Pærehaven af Morelhaven og Blommehaven.

De Forenede Ejendomsselskaber  
Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Kvistgård, Helsingør



Adresse: Lergravsvej, Kvistgård  
Arkitekter: Tegnestuen Vandkunsten A/S  
Ingeniør: Lemming & Eriksson A/S  
Ingeniør/Entreprenør: Aicon A/S  
Administration: De Forenede Ejendomsselskaber A/S  
Producent: Tåsinge Træ A/S  
Antal boliger: 54 i 1. etape. I alt planlagt: 126  
Opførelsesår: 2007-2008 (etape 1)

Figur 4 Kvistgård

I Kvistgård er byggeriet af i alt 126 boliger sat i gang. Vandkunsten er arkitekt på denne bebyggelse. Etape 1 på 54 boliger, som nu er opført, er bygget som gårdhavehuse i 2 etager og varierer i størrelsen 96-178 m<sup>2</sup> brutto. Der er tænkt på beboernes trivsel i gårdhavehusene, der er inddelt i 9 grupper á 9 boliger. Hver boliggruppe har et fælles ankomstareal med et grønt og meget indbydende børnevrigt miljø. Her kan de mindre børn boltre sig, uden at forældrene skal bekymre sig om trafikken.

Fonden for billige boliger  
Bebyggelsen Vildrose 1+2 i Valby, København



Adresse: Pumpehusvej, København S:  
Arkitekter: ONV Arkitekter  
Entreprenør: Fonden for billige boliger  
Administration:  
Producent: Kodumaja, Estland  
Antal boliger:  
Opførelsesår: 2007-2008

Figur 5 Vildrose 1 og 2

A/B Vildrose 1 omfatter 26 rækkehuse på 121 m<sup>2</sup>, 127 m<sup>2</sup> eller 131 m<sup>2</sup>. A/B Vildrose 2 omfatter 12 rækkehuse på ca. 85 m<sup>2</sup>. Tilsammen udgør de to andelsboligforeninger Grundejerforeningen Vildrose. Bebyggelsen består af 38 rækkehuse i 2-plan. Der er fire forskellige boligtyper, henholdsvis 85 m<sup>2</sup> (Vildrose 2), 121 m<sup>2</sup>, 127 m<sup>2</sup> og 131 m<sup>2</sup>, med op til 4-5 værelser og alle boliger med franske altaner og træterrasser på mellem 8-20 m<sup>2</sup> på begge sider af boligen. Boligerne er opført efter nye skærpede krav til isolering og energiforbrug. Der er installeret Genvex boligventilationssystem, som udskifter luften hver anden time.



Fonden for billige boliger  
Bebyggelsen Solbyen i Ullerød, Hillerød



Adresse: Solbuen 50-222, 3400 Hillerød  
Arkitekter: ONV Arkitekter  
Entreprenør: Fonden for billige boliger  
Administration:  
Producent: Kodumaja, Estland  
Antal boliger: 86  
Opførelsesår: 2007-2009

Figur 6 Ullerød

Ullerød Syd er en bebyggelse med 86 lejeboliger til en overkommelig husleje. Boligerne henvender sig til en sammensat beboergruppe af både unge og ældre, såvel som enlige og børnefamilier. Området er bebygget efter rækkehusprincip i 2 og 2½ etager i varierende størrelser, fordelt på tre boliggader. Langs boliggaderne er rækkehusene i 2 etager - på østside med egen adgangstrappe til lejlighed på 1. sal. Hver boliggade sluttet af med et mindre torv foran seks rækkehuse i 2½ etage med egen tagterrasse.

Husenes koncentration omkring gaden sikrer kontakt mellem beboerne og gadelivet. Alle boliger, på nær de mindre boliger på 1 sal, har to træterrasser med en adgangsterrasse mod gaden og en mere privat opholdsterrasse mod det grønne. De to terrasser optimerer muligheden for udeophold, da der altid vil være sol på én af terrasserne. Boligerne i 2½ etage har endvidere privat tagterrasse. Der er niveaufri adgang til boligerne fra gaden, undtagen til boligerne på 1. salen. Fælles grønne områder mellem gaderne sikrer den frie udfoldelse og kontakt på tværs af de enkelte boliggader. Grønningerne er bilfri og sikrer et børnevenligt miljø mellem husene.

## 2.0 Teknik og produktion

### 2.1 Systemleverancer generelt

Systemleverancer drejer sig primært om off-site manufacturing, og hvordan virksomheder kan optimere deres produktion ved at tænke i systemløsninger. Men ligeledes om hvordan man omdanner f.eks. et helt byggeri til én systemløsning, og derigennem opnår kortere opførelsestid og en lavere fejlprocent. Systemleverancer omfatter opgaver, der typisk indeholder mange processer, f.eks. sourcing, produktion, videreførelse, montage pakning og labeling, dokumentation og logistikløsninger og transport.

En systemleverance er en enhed, et modul, som kan betegnes ved, "at det er en afgrænset del af et produkt med en veldefineret funktion og med en veldefineret grænseflade".<sup>1</sup>

Blandt årsagerne til, at vi i Danmark i dag har fokus på systemleverancer indenfor byggeriet, kan nævnes tre af de væsentligste, nemlig dels påvirkningen udefra, f.eks. fra nabolande som Sverige og Tyskland, som er i fuld gang med at udvikle dette område og som bl.a. eksporterer til Danmark, men også lande som USA og Japan som har en længere tradition indenfor dette område. Og dels at vi er trætte af den høje fejlprocent i de udførte byggerier. Bl.a. byggeskadefondene og Dansk Byggeris ankenævn har gennem årene dokumenteret dette. Og endelig at samfundet efterspørger billigere løsninger.

### 2.2 De 3 aktørers visioner og ideer med bebyggelserne

De 3 aktører, BoKlok, Bedre Billigere Boliger og Fonden for Billige Boliger har grebet opgaven lidt forskelligt an og har lidt forskellige målgrupper.

**BoKlok**, ejet 50 % af Ikea og 50 % af Skanska, har med et stærkt koncept som trækker på Ikea's goodwill, på Skanska's position i byggebranchen samt på erfaringer fra Sverige hvor man siden 90'erne har bygget efter BoKlok konceptet. BoKlok er et boligkoncept udviklet af IKEA og Skanska og opført, først i Sverige i starten af 90'erne, og siden i Norge, Danmark, Tyskland og England. Den første bebyggelse i Danmark SophienborgBo i Hillerød var færdig 2004/2005.

Konceptet henvender sig til mennesker, som vil bo godt i eget hjem, og samtidig have en funktionel bolig som er effektivt udnyttet til en lav månedlig udgift for således at have penge tilovers til at kunne gøre andre ting.

"Boligerne planlægges ud fra menneskers ønsker og drømme om lys og plads, om et trygt miljø for sig selv og sin familie. Nøglen er et færdigt koncept og et industrielt byggeri baseret på et system og en modultankegang med standardiserede løsninger. Dette er for at reducere både tidsforbrug og omkostninger."<sup>2</sup>

Der er lagt stor vægt på at udarbejde gode løsninger, både når det gælder valg af materialer og detaljer.

---

<sup>1</sup> Hvam et al.: "Produktkonfigurering", Nyt Teknisk Forlag 2007.

<sup>2</sup> BoKloks hjemmeside

En af konceptets teser er, at BoKlok byggerier ikke er over to etager, og at boligerne placeres i vinkelhuse for at opnå mikromiljøer. BoKlok konceptet omfatter også rækkehuse og enfamiliehuse.

**Bedre Billigere Boliger**, ejet af De forenede Ejendomsselskaber A/S har meldt ud, at de vil udfordre arkitektstanden og byggebranchen til at tænke i kroner og øre, og bruger de begrænsninger, der ligger i lave omkostninger, kreativt.

De har fremført, at rammerne om deres boliger, arkitekturen såvel som byggematerialerne og bebyggelsesplanen er af høj kvalitet, der skaber muligheder i stedet for begrænsninger

De vil vende byggebranchen på hovedet: "I stedet for at lade markedspriserne/indtjeningsmulighederne på salget af boliger være udslagsgivende for, hvor meget man kan bygge for, skal der være et nagelfast loft på byggeomkostningerne. Dermed er løsningen på et byggeteknisk eller kreativt problem ikke bare bevidstløst at lægge 500 kroner oven i kvadratmeterprisen. Loftet tvinger bygherre og arkitekter til at finde alternative løsninger på det konkrete problem, eller prioritere anderledes andre steder i byggeriet.

Udfordringen i BBB-konceptet ligger i at gøre op med forestillingen om, at kvalitetsboliger nødvendigvis er dyre at bygge og dyre at købe. Så for os er det attraktivt at bygge billigt, udelukkende fordi vi med stram økonomisk styring, og ved at bygge basisboliger, kan give køberne en ordentlig kvalitet for rimelige penge. Den billigere bolig bliver et aktivt og fornuftigt valg - ikke en sur nødvendighed - for køberne, der slipper for at bygherren på forhånd har truffet nogle "luksusvalg" som køberne skal betale for med penge, de langt hellere ville have brugt til - for eksempel - et ekstra værelse."<sup>3</sup>

**Fonden for Billige Boliger** er en selvejende institution og er stiftet af BoligFonden Kuben, KAB Fonden, Kooperationens Udviklingsfond DISfonden og Akademisk Arkitektforening. Den har til formål at fremme etableringen af gode og billige boliger i danske byer. Fonden kan støtte udvikling af gode boligforhold. Fonden er således en non-profit virksomhed.

Fonden for Billige Boliger blev etableret på baggrund af tidligere borgmester Ritt Bjerregaards udmelding om at bygge 5.000 boliger til 5.000 kr. i månedlig husleje.

## 2.3 De 3 aktørers byggerier og produktionsform generelt

### BoKlok byggerierne

Ser vi på BoKlok byggerierne i Danmark, er der opført 3 bebyggelser i Danmark. De er opført inden for de sidste 5-6 år og udgør en meget lille andel af boligbyggeriet. Konceptet har i de 3 bebyggelser undergået en markant forandring, hvor man må sætte spørgsmålstegn ved, om der overhovedet er nogen akkumuleret erfaringsopsamling fra systemløsningerne at bygge videre på. Byggeriet i Danmark er meget konjunkturfølsomt, og bl.a. finanskrisen har betydet, at Skanska, og dermed BoKlok, har sat boligbyggeriet på vågeblus med den effekt, at organisationen bag BoKlok husene i Danmark er væk.

Det første byggeri, 84 boliger, er udført 2004/2005 i Hillerød og består af 2 etagers vinkelhuse med 6 lejligheder opført af 12 volumenelementer plus tagelementer der blev opstillet på et randfundament oplagt på punktfundamenter. Under huset er der en ventileret krybekælder med begrænset ventilation gennem riste i fundamentet, Krybekælderen er nødvendig for at installationerne kan tilkobles. Inden for randfundamentet er der jf. tegningerne udlagt grus. Det vil sige, at den fugtfølsomme bund af volumenelementet er frit eksponeret for fugt fra jorden og er afhængig af tilstrækkelig luftskifte i

---

<sup>3</sup> Bedre Billigere Boligers hjemmeside

krybekælder. Bunden af krybekælder ligger under terræn, og en eventuel oversvømmelse ville kunne tilføre fugt til krybekælder.

Volumenelementerne til dette byggeri blev ikke udført på BoKloks, Skanska's egen fabrik i Gullingen i Småland hvor de svenske BoKlok huse bliver produceret, men blev på grund af kapacitetsmangel udført på Moelvns fabrik i Småland i Sverige.

Det andet byggeri, 39 boliger, som er udført i 2006/2007 i Måløv, består af rækkehuse i 2 etager med en intern trappe opført af 4 volumenelementer pr. lejlighed. Her var taget indbygget i de øverste volumenelementer. Fundament og krybekælder blev udført på samme måde som ved det første byggeri, men i dette byggeri udlagde man en plastmembran og polystyrenplader oven på gruset for at undgå fugt fra jorden. Bunden af krybekælder ligger under terræn, og en eventuel oversvømmelse ville kunne tilføre fugt til krybekælder.

Volumen elementerne blev også her udført på Moelvns fabrik i Småland i Sverige.

Det tredje BoKlok byggeri, 24 boliger, som er udført 2007/2008, er foreløbigt det sidste. Det ligger i Frederikssund og består ligesom den 1. bebyggelse, af 2 etagers vinkelhuse med 6 lejligheder, men her har man forladt volumenelementer og har i stedet anvendt lette fladeelementer. Man har ligeledes udført terrændæk i stedet for krybekælder og undgår således helt de fugtmæssige problemstillinger omkring krybekælder. Det er en grundlæggende ændring, bl.a. fordi vand i forbindelse med opsætningen er en større risikofaktor, og fordi de mange samlinger af elementerne, med sikring af membrantæthed mv. nu foregår på byggepladsen i stedet for under kontrollerede, certificerede forhold på fabrikken.

Fladeelementerne blev leveret og monteret af det tyske firma Bien- Zenker A/S

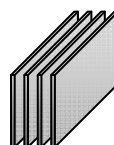
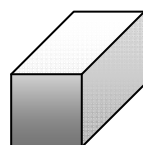
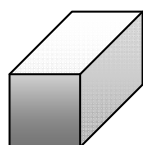
Bebyggelse:

1

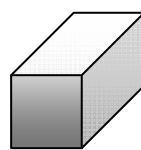
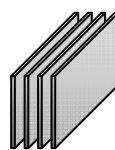
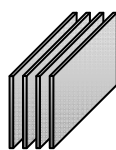
2

3

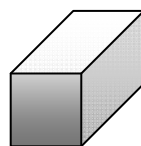
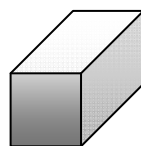
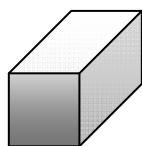
BoKlok



Bedre billigere boliger



Fonden for Billige Boliger



Udviklingen i brug af Volumenelement contra fladeelement i 3 bebyggelser hos de 3 aktører.

### Bedre billigere boliger byggerierne

Ser vi på Bedre Billigere Boligers boligbebyggelser, er der et større volumen end hos BoKlok. De to bebyggelser, der er omfattet af rapporten, omfatter i alt 305 boliger, og der er flere på vej. Bedre

billigere boliger har gennemgået en udvikling fra fladeelementerne til volumenelementerne, som anvendes i 2. etape i Kvistgård. Hvis det er den vej, Bedre billigere boliger bevæger sig, kan man også her spørge, om der indtil nu reelt er nogen akkumuleret erfaringsopsamling fra systemløsninger at bygge videre på, ud over de negative erfaringer med vandskader man gjorde sig ved 1. etape i Kvistgård.

Den første bebyggelse, 251 boliger, Pærehaven, Morelhaven og Blommehaven i Ølby, er opført i 2004/2007 og består af 3 etagers huse med et-etages lejligheder. Husene er opført med lette fladeelementer. Som fundament er udført et terrændæk, som sikrer de fugtmæssige forhold mod jorden. Det er løsning med mindre præfabrikation end volumenelementerne og med en større risiko, bl.a. fordi vand i forbindelse med opsætningen er en større risikofaktor, og fordi de mange samlinger af elementerne, med sikring af membrantæthed mv. her foregår på byggepladsen i stedet for under kontrollerede, certificerede forhold på fabrikken. Tåsinge Træ leverer fladeelementerne, men bygger dem ikke ind. Indbygning foretages af anden entreprenør. Dette øger også risikoen ved anvendelse af fladeelementer.

Fladeelementerne er produceret af Tåsinge Træ, Danmark.

Den anden bebyggelse, 54 boliger, i Kvistgård, er opført i 2004/2008 og består af 2 etages gårdhuse med boliger i 2 etager opbygget over et 5x5m modul i et byggefelt bestående af 9 huse. Husene er ligesom den 1. bebyggelse opført med lette fladeelementer og fundament som terrændæk som sikrer de fugtmæssige forhold mod jorden. De samme forhold med mindre præfabrikation end volumenelementerne og med en større risiko for fugtskader ved opsætningen og større risiko for fejl ved samlinger af elementerne gør sig også gældende her. Tåsinge Træ leverer også her fladeelementerne, men bygger dem ikke ind. Dette øger risikoen for fejl.

Fladeelementerne er produceret af Tåsinge Træ, Danmark.

Etape 2 i Kvistgård, som er under opførelse, udføres som volumenelementer.

### **Fonden for billige boliger byggerierne**

Ser vi på Fonden for billige boliger bebyggelserne, er det her, man ser det største udviklingspotentiale. De 2 bebyggelser, der er omfattet af rapporten, består godt nok kun af 128 boliger, men den næste generation AlmenBolig+ er under opførelse rundt omkring, og nye bebyggelser er på vej. F.eks. vedtog Københavns Borgerrepræsentation i slutningen af november 2010 at udføre 500 af denne type de kommende 3 år.

Den første bebyggelse, 42 boliger, heraf 12 særligt billige, er opført 2007/2008 og består af 2 etages rækkehuse, hvor 1. salen i en lejlighed skyder sig ind over stuetagen til naboledigheden. Husene er opført med volumenelementer, således at hver bolig er opbygget af 3 elementer, enten to i stuen og et på 1. sal eller et i stuen og to på 1. sal. Volumenelementerne er oplagt på en sokkel udført som linjefundamenter. Indenfor er fundamentet der udlagt grus ovenpå en plastmembran. Det vil sige, at den fugtfølsomme bund af volumenelementet er frit eksponeret for fugt fra krybekælderen og er afhængig af tilstrækkelig luftskifte i krybekælderen. Bunden af krybekælderen ligger under terræn, og en eventuel oversvømmelse vil tilføre fugt til krybekælderen. Under huset er der en høj grad af ventilation, idet der ikke er opsat fundament på de 2 sider, men i stedet lagt store vandrette riste foran bygningen. Krybekælderen er nødvendig for at installationerne kan tilkobles.

Volumenelementerne er produceret af Kodumaja i Estland

Den anden bebyggelse, 86 boliger, er opført 2007/2009 og består af 2 og 3 etages rækkehuse med boliger i 1 til 3 etager. Husene er ligesom den 1. bebyggelse opført med volumenelementer, således at hver bolig er opbygget af 1 til 3 elementer. Volumenelementerne er oplagt på en sokkel udført som linjefundamenter. Inden for fundamentet er der udlagt grus. Det vil sige, at den fugtfølsomme bund af volumenelementet er frit eksponeret for fugt fra krybekælderen og er afhængig af tilstrækkelig luftskifte i krybekælderen. Bunden af krybekælderen ligger under terræn, og en eventuel oversvømmelse vil tilføre fugt til krybekælderen. Under huset er der en høj grad af ventilation, idet der ikke er opsat fundament på de 2 sider, men i stedet lagt store vandrette riste foran bygningen. Krybekælderen er nødvendig for at installationerne kan tilkobles. Byggeriet er projekteret som energiklasse 1. Den valgte varmepumpe ser ikke ud til at kunne levere et acceptabelt indeklima til beboerne. (se afsnit om varme) Der er tilsyneladende også nogle fugtmæssige problemer i krybekælderen, som bør nærmere undersøges. (se afsnit om fugt) Volumenelementerne er produceret af Kodumaja i Estland.

## 2.4 Rammebetingelserne for anvendelse af fladeelementer og volumenelementer

De omhandlede bebyggelser anvender alle enten lette præfabrikerede fladeelementer eller lette præfabrikerede volumenelementer.

Dette har umiddelbart en række fordele, men der er også nogle rammebetingelser, som gør sig gældende ved denne type byggeri.

Anvendelsen af fladeelementer giver en større frihed i planudformningen af boligerne. F.eks. er det frit spænd i Bebyggelsen Frugthaverne i Ølby, 6,3 meter hvor volumenelementerne må respektere begrænsningen i transportbredden på vejene.

Moelven ByggModul AS som er en af de store producenter i Skandinavien, og som har leveret Bo-Klok bebyggelserne, har opstillet nogle rammebetingelser, som i nogle tilfælde kan fraviges, men som er fornuftige at følge, når prisbillighed er vigtig:

### Generelt

Modulerne kan kobles i længde og bredde retning og stables i op til 4 etager. Brandbestemmelser og statiske beregninger er afgørende for mulighederne.

Elementerne kan udføres, så de overholder brandkravene til boligbyggeri i 3 etager.

Saddeltag, udvendige trapper, altaner etc. leveres som separate enheder, som monteres på byggepladsen. Det giver stor frihed ved indretning af bygningen.

Modulerne kan kombineres med fladeelementer, hvis større arkitektonisk fleksibilitet ønskes.

Modulerne kan installeres over kælder, krybekælder med randfundament, eller linjefundamenter.

Modulerne kan også monteres direkte på et betondæk, for eksempel dækket over en parkeringskælder.

### Modulstørrelser

Breder: 2,54m - 2,88m - 3,36m - og projekter i bredder op til 4,18m

Længder: Op til 10,2m, i spring på 0,6m

Indvendige taghøjder: 2,4m og 2,7m - og projekterede mellemliggende højder.

Nøgletal:

Bredde = Modul Bredde mål + 20-40mm luft mellem modulerne.

Længde = Længde udvendig tømmer = 6034mm + n x 600mm.

Højde fra stueetagen til 1. sal ca. 500mm. Justeringer kan foretages

Højde gulv til gulv = 2900-3000mm ved 2400mm loftshøjde

Højde fra gulv på øverste etage til gesims: 2500-3000mm ved 2400mm loftshøjde

Lydvægge mellem lejligheder har en samlet tykkelse på 288mm

### *Vigtige principper:*

Adskillelsen mellem de enkelte enheder (brand celle / lyd celle) skal ligge i modullinjen  
Adskillelsen mellem værelser i en boligenhed skal ligge i modullinjen. Større rum som går over flere moduler, indebærer færdiggørelse af moduler på stedet.

Vådtrum må aldrig gå over to moduler.

Vådruksinstallationer (køkken og bad) skal helst være i samme modul. (Giver en lavere pris.)

Adskillelse mellem boligenheder og fællesområder skal være i modullinjen. Både udvendig og indvendig adgang til boligenheder er mulig. Udvendige trapper, altaner / altangange vil være det billigste, og måske give beboerne de bedste følelser af "eget hus".

Husk installationsskakte til vandinstallationer. Etageboliger skal planlægges med installationsskakte, der korresponderer med overliggende etager.

Færrest mulige forskellige modulbredder indenfor et projekt vil give en optimalt produktion og dermed lavere omkostninger.

### **Byggesystem**

Modulerne leveres normalt med tværgående bjælker. Langsgående bjælker kan leveres, hvor det er teknisk og / eller økonomisk fordelagtigt.

Det nødvendige antal punktfundering for modulerne er således 6 til 8 punkter ved tværgående bjælker, eller 3 til 4 linjefundamenter for hvert modul af langsgående bjælker.

Ved at bygge i 3 - 4 etager, anvendes kontinuerlig understøtning af modulet under indbygningen

Modulerne kan have åbninger både på den korte og den lange side.

På modullængder op til ca. 9m, kan åbningen være fritbærende.

For større modullængder / åbninger bør åbningen deles op med en søjle eller en væg, tilpasset fundamentet.

### **Konstruktion og materialer**

#### *Etagedæk:*

225-315mm mineraluld isolering, bjælker i lamineret træ, der opfylder kravene til høj stivhed. Vinyl gulvbelægning, parketgulv, etc. på gulvet. Fliser i vådrum.

#### *Ydervæg:*

150 - 250mm mineraluld isolering, afhængig af kravene til termisk isolering

Indvendig beklædning: Gipsplader, spånplader eller træbeklædning. Badeværelsepanel eller fliser i våde områder.

Udvendig beklædning:

Træbeklædninger, metalplader, fibercementplader, teglstensfacader, puds, etc. Træbeklædninger i alternative designs.

Loft:

300mm - 400mm mineraluldisolering, afhængig af kravene til termisk isolering.

Loft af foliebeklædte spånplader, malet gips- eller træbeklædning. Lyddæmpning efter behov.

#### *Tag:*

Bygningerne kan leveres med flade tage. De permanente bygninger er baseret på en løsning med et varmt tag med indvendige afløb.

Saddeltag er opbygget med præfabrikerede spær eller elementer.

Der er mulighed for mange tagløsninger.

Taget er dækket med tagmembran, tagpap, eller metalplader

#### *Vinduer:*

Generelt bruges vinduer med U-værdi  $1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

Men kan udføres efter arkitektens design, indenfor vinduesleverandørens muligheder.

Våd:

Vådtrum opfylder minimumskravene i tekniske forskrifter iht. bygningsreglementet. På nogle projekter benyttes præfabrikerede vådrum.

## Tekniske anlæg

El:

Skjulte installationer, 230V og 400V

Opvarmning:

Elvarme baseret på radiatorer og gulvvarme.

Vandbåren opvarmning baseret på vægmonterede radiatorer.

Sanitære:

Skjulte installationer, rør i rør til fordelerskab. Væghængte toiletter er mulighed.

Ventilation:

Til boliger samles hovedparten af anlægget på fabrikken. Mekanisk aftræk eller balanceret ventilation med varmegenvinding.

Elevator:

Kan med fordel placeres i en separat konstruktion opført på stedet.

## Montage

Modulerne har en vægt på 180-250kg/m<sup>2</sup>. (250kg/m<sup>2</sup> gælder opgraderet version til brug i de 3-5 etager, flisebelagte badeværelser.)

Adgang skal være indrettet, således at bilen med huset og kranen kan køre op langs en langside af fundament. Bredden langs fundamentet skal være mindst 6 m af hensyn til opstilling af kranen.

Normal kran størrelser er fra 35 til 50 tons. For store moduler / komplekse forhold, vil en større kran være nødvendig.

En Installationsdag er normalt med en bemanning på 5 mand og en kranfører.

Forudsat tilstrækkelig tilførsel af moduler til byggepladsen kan 3 -4 moduler være hejst på plads hver time.

Installatørerne vil montere bygningen udvendig og indvendig. Dette omfatter også de tekniske fag. (enkelt sammenkobling af el, sammenkobler afløbs- og vandrør, forbinder ventilationssystemet osv.)

Afløbsrør føres til underkant modul for tilslutning til den på pladsen fremførte installation.

## Lydtekniske forhold

Modulerne opfylder de generelle krav i klasse C NS8175 til opholdsrum, skoler, kontorer mv.

Modulerne skal være opgraderet med ekstra pladelag og særlig konstruktion, for at opfylde de noget strengere krav til boliger. Med disse opgraderinger opfylder modulerne klasse C i EN 8175 til boliger.

## Vurdering

Sammenfattende kan man konkludere, at der er stor mulighed for at få udført elementer, som man gerne vil have dem. Modulbredden for volumenelementerne kan umiddelbart være et problem, men løsningen med at sammenstille to elementer i bredden, som f.eks. i BoKloks SophienborgBo byggeri, viser, at der er gode muligheder for at kunne vælge forskellige planløsninger til fremtidige boliger

## 2.5 Opførelsen af bebyggelserne

Det karakteristiske ved de omhandlede bebyggelser er, at de delvist er produceret på fabrik og delvist på stedet.

Bebyggelserne SophienborgBo i Hillerød og SøndergårdBo i Måløv, Ballerup, Vildrose 1+2 i Valby, København, og Solbyen i Ullerød i Hillerød er alle udført med volumenelementer.

Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Ølby, Køge og bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Kvistgård i Helsingør er begge udført med fladeelementer.

Man kan inddele byggefasen i 4 faser:



- Fase 1 Byggemodning, fremførelse af installationer og etablering af fundamentfundament
- Fase 2 Produktion af byggeelementer på fabrik
- Fase 3 Samling af elementer til lukket hus
- Fase 4 Finisharbejder

### Fase 1 Byggemodning, fremførelse af installationer og etablering af fundamentfundament

Fase 1 udføres på nogenlunde samme måde i de 6 bebyggelser. Der etableres et fast bæregrundlag, primært med punktfundamenter hvorpå der lægges præfabrikerede kantfundamentsbjælker, men der er også anvendt fundablokke og fundament støbt på stedet.

I BoKlok byggerierne lægges de på alle 4 sider, og der isættes ventilationsriste, mens der i fonden for Billiger Boligers byggerier kun udføres linjefundament vinkelret på facaderne, så der er helt åbent for ventilation ind under facaderne, som er understøttet af galvaniserede stålprofiler.



Figur 7, 8, 9 BoKlok i Måløv. Præfabrikerede kantfundamentsbjælker på punktfundamenter, isolering og installationer under volumenelementerne

BoKlok i Måløv: Byggemodning, fremføring af installationer udføres på traditionel vis. Etablering af fundament foregår ved, at der etableres punktfundamenter, hvorpå der monteres præfabrikerede kantfundamentsbjælker. Bjælkerne isoleres på indersiden med ekspanderet polystyren, og på jorden under husene udlægges et gruslag, hvorpå der udlægges en plastmembran og et lag ekspanderet polystyren.



Figur 10, 11 Vildrose 1 og 2: Snit i Facade Terrassebrædder virker som ventilationsrist fotos viser rist med optagne brædder og ventileret krybekælder.

Vildrose 1 og 2: Byggemodning og fremføring af installationer udføres på traditionel vis. Etablering af fundament foregår ved at der etableres linjefundament vinkelret på facaderne, så der er helt åbent for ventilation ind under facaderne, som er understøttet af galvaniserede stålprofiler.

For at sikre ventilation fungerer terrassebrædderne som ventilationsrist.

### Vurdering af fase 1

Etablering af fundament og terrændæk er ikke anderledes end ved traditionelt træhusbyggeri. Etablering af fundament og krybekælder for volumenelementerne har krævet nytænkning og kræver yderligere nytænkning fremover. Krybekælderen er nødvendig ved anvendelsen af volumenelementer. Der har tidligere været store problemer med fugt og krybekældre. Denne problematik er nærmere beskrevet i afsnittet "Undersøgelse af krybekældre".

### Fase 2 Produktion af byggelementer på fabrik

Volumenelementerne er produceret på 2 fabrikker, Moelvns fabrik i Småland i Sverige og Kodumaja's fabrik i Estland.

Fladelementerne er produceret hos Tåsinge Træ i Svendborg.

### Produktionen på fabrikken Kodumaja i Estland

Billederne er fra Kodumaja's hjemmeside.

Vildrose 1 og 2 samt Ullerød boligerne er produceret i Estland på fabrikken Kodumaja. Fabrikken er moderne med velorganiseret lagerstyring, produktlinjer og testprogram.



Figur 12 Materialer



Figur 13 Tag



Figur 14 Gulv

Kodumaja udfører systematisk og dokumenteret kvalitetskontrol. Fabrikken er certificeret efter ISO 9001:2008. Standard produktet, volumenelementet, er certificeret af Norske SINTEF efter ETA-08/0178, hvor bl.a. en række detaljer er gennemgået og vurderet.



Figur 15 Samling af elementer



Figur 16 Isolering



Figur 17 Dampspærre



Figur 18 Installationer og gipsvægge



Figur 19 Finish



Figur 20 Vådrum



Figur 21 Køkken



Figur 22 Færdigt indpakket element



Figur 23 Transport

### Produktionen på Tåsinge Træ i Svendborg

Billederne er fra Tåsinge Træ's hjemmeside

Tåsinge Træ har leveret elementer til Ølby og Kvistgård. Tåsinge Træ er certificeret af Dancert, datter selskab af Teknologisk Institut, efter den europæiske certificeringsordning prEN14732-1:2006 som er gældende fra 2010. Certificeringen dækker prækvalificerede træelementer og bokselementer (volumenelementer).



Figur 24 Limtræselementer



Figur 25 Fladeelement samles



Figur 26 Transport



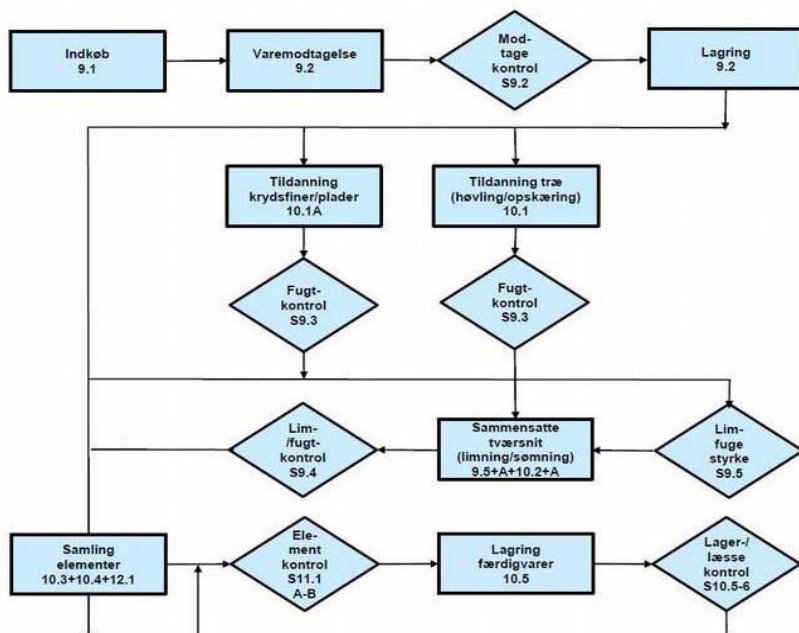
Figur 27 Montering af facadeelementer



Figur 28 Montering af dækelement



Figur 29 Færdig bebyggelse



Figur 30 Diagram visende flowet på fabrikken iht. til certificeringen

## Vurdering af fase 2

Produktionen på fabrikkerne virker overbevisende, og begge de to omtalte fabrikker er EU certificerede til at udføre både flade og volumenelementer. Entreprisegrænsen mellem leverancen af elementerne og monteringen er problematisk og bør undgås. Dette er nærmere beskrevet under afsnittet "Fugt".

## Fase 3 Samling af elementer til lukket hus

Der findes en beskrivelse af fremstillingsprocessen af et volumenelementbyggeri, givet af projektudvikler hos Skanska, Jesper Tornberg i et interview til Randi K. Pedersen i Konstruktøren nr. 3, 2005 i forbindelse med opførelsen af den første BoKlok SophienborgBo i Hillerød bebyggelse i Danmark:

"Husene bygges op af volumenmoduler på fabrik i Sverige. Et 2-etages vinkelhus består af 2 x 3 moduler svarende til henholdsvis 2 stk. 2-værelses 2.stk. 3-værelses og 2 stk. 4-værelses lejligheder." Hvert modul er samlet af 2 volumenelementer, der går således 12 moduler til vinkelhuset.



Figur 31, 32, 33 Volumenmoduler transporteres, hejses på plads og samles

Byggeperioden for et BoKlokhus strækker sig over fire måneder fra start til færdiggørelsen af seks lejligheder. Fire uger til fabriksfremstilling, én dag til at samle elementer, seks uger på byggepladsen, samt ca. to måneder til at støbe fundamenter.

Husene ankommer lukkede med tagpap på taget og med isatte vinduer til byggepladsen, så f.eks. regn ikke er en forhindring for monteringen.

Så snart elementerne er samlet, kobles der varme på huset. Det gør, at færdigmonteringen de næste ca. 6 uger også foregår under gode og kontrollerede arbejdsforhold. Finishen er høj, fordi vægten i tiden under opførelsen kan lægges på finish og ikke på den grove del af arbejdet, der jo er overstået på én dag. Når et samlesæt fra Sverige afleveres efter fem timers kørsel på blokvogn, følger et svensk sjak efter og færdiggør de indvendige og udvendige ting. Vi regner med at montere et nyt hus på fundament én gang om ugen, som vi så løbende eftermonterer over de følgende seks uger. Det letløbende, logistiske flow i seriefremstillingen og opførelsesrutinen fremmer kvaliteten i det nyskabende træhusbyggeri. De seneste seks lejligheder, som er afleveret i SophienborgBo, har ifølge Jesper Tornberg haft nul fejl og mangler!"<sup>4</sup>



Figur 34, 35, 36 Montering af BoKlok rækkehusene i Måløv

Samling af elementerne til rækkehusene foregår direkte fra lastbil til montering på fundament. Monteringen kræver stillads, som er opstillet inden monteringen. Tilslutning af installationer til elementer foregår delvist med fleksible rør, som føres op gennem undersiden af elementet. Oversiden af det øverste element er taget, som allerede fra fabrikken har fået pålagt tagpap.

### Vurdering af fase 3

Det er afgørende for en succesfuld montering, samling af elementerne og lukning af husene uden vandskader og indbyggede fejl, at denne fase er lige så planlagt og professionelt ledet som produktionen på fabrikken. Tildækning af elementerne helt frem til at der er monteret vandtæt yderbeklædning er altafgørende for et succesfuldt byggeri. Det er ligeså vigtigt, at koblingen til det udførte fundament og installationer i jorden foregår på en styret og kontrolleret måde. I afsnittet "Undersøgelse af krybekældre" er dette nærmere belyst.

### Fase 4 Finisharbejder

Finisharbejderne er forskellige ved volumenelementbyggerierne og fladeelementbyggerierne. Volumenbyggerierne har færdige udvendige overflader, der færdiggøres ved at tilføje enkelte brædder ved de lodrette og vandrette samlinger mellem elementer, og hvor elementerne møder sokkelen. I første Boklok byggeri blev der anvendt et særligt tagelement. Ved det andet byggeri er taget indbygget i det øverste volumenelement, så der blot mangler et lag pap.

På fladeelementbyggeriet i Ølby er der ikke udvendig beklædning på elementet. Den påføres på stedet. Beklædningen er en forpatineret sinus zinkplader, som forventes at være vedligeholdelsesfri over en længere periode. De andre bebyggelser har alle en vandret eller lodret malet bræddebeklædning. I Kvistgård er det både en vandret og en lodret bræddebeklædning.

<sup>4</sup> Konstruktøren nr. 3, 2005



Figur 37 Ølby



Figur 38 Ølby



Figur 39 Kvistgård

De 6 bebyggelser kan opdeles i to koncepter vedrørende den indvendige aptering. Bedre Billigere Boligers koncept er at indrette boligerne indvendigt efter et absolut minimum. Der er indrettet et badeværelse, men køkkenet består af et enkelt køkkenmodul med en køkkenvask, og der er ingen skillevægge. Fonden for Billige Boligers og BoKloks byggerier er færdigindrettede boliger.

Bedre billigere boligers Koncept:<sup>5</sup>

Rumhøjden er 2,80 m.

Indvendige vægoverflader fremstår som spartlede og malede gipsoverflader.

Gulve udføres med OSB plader på strøer som gulvbelægning. Pladegulvet regnes som et rågulv, men har den egenskab at det med en let slibning og lakering kan anvendes som færdigt gulv. Desuden kan det fungere som underlag for f.eks. gulvtæppe, parketgulv, linoleum eller anden gulvbelægning. Lofter fremstår som spartlede og malede gipsoverflader.

Baderum er udført som præfabrikerede lette badekabiner, hvor gulvet er støbt i beton og vægge er i vandtætte stål og gips konstruktioner. Gulve og vægge er vådrumssikret og belagt med fliser/klinker. Der er varme i gulvet.

Badeværelset har væghængt toilet, håndvask, bruseniche med glas afskærmning og badeforhæng, toiletpapirholder, håndklædekroge og blandingsbatterier. Badekabinen opstilles og sammenbygges med installationsskakten.

Ved installationsskakten opstilles en flytbar køkken trinette. Trinetten indeholder vask, køleskab og kogeplader i en rustfri bordplade.

El installationen udføres med lampeudtag øverst i vægge og afbrydere monteret ved døre. Stik udføres i panelunderlag ved gulvet fordelt hensigtsmæssigt i lejlighederne. Hver lejlighed forsynes med tlf.- og antennestik.

Lejlighederne opvarmes via radiatorer fra naturgasfyrede centralvarmeanlæg.

Der udføres mekanisk udsugning fra badeværelse via kontrolventil og udsugning fra køkkenet via emhætten. Erstatningsluft tilføres via ventiler i vinduesrammer.

I forbindelse med valg af bolig får man udleveret et katalog, hvor beboeren kan tilvælge yderligere køkkenelementer, skillevægge, overflader mv. så han får det, som han vil have det, afhængig af hans økonomi. Man kan også vælge at starte med en relativ tom bolig og efterhånden opsætte vægge og yderligere skabe. Byggeteknisk er det tilrettelagt, så el og varme kan fungere i de forskellige løsninger.

### Vurdering

Idéen med at indrette "råhuse" var også fremme i 1970'erne, hvor Arkitekterne Carsten Hoff og Susanne Ussing vandt en etageboligkonkurrence, hvor råhuset skulle produceres i et regi og kompletteringen i et andet, men huset blev aldrig udført. Der blev også arbejdet med denne idé på Arkitektskolens Boliglaboratorium i 1970,erne. Det er indtrykket, at de fleste foretrækker at købe færdige

<sup>5</sup> Aicon A/S Frederiksberg d. 23. jan. 2004 Bygningsbeskrivelse Bedre Billigere Boliger A/S, 1. etape, Ølby, Køge.

indretningspakker med færdige eller næsten færdige indretninger. Effekten på boligens funktion og kvalitet af at producere boligerne på denne måde kunne være interessant at undersøge nærmere.

## 2.6 Volumenelementets udtryksmuligheder

De tre aktører anvender alle lette træbaserede præfabrikerede elementer, men de gør det på hver deres måde. BoKlok og Fonden for billige boliger anvender et, to eller flere sammenstillede volumenelementer til en bolig. Bedre Billigere Boliger anvender fladeelementer og er derfor frit stillet i udformningen af boligen. Men for at få en kompakt og billig løsning bliver udformningen af fladeelementbyggerierne meget lig volumenelementbebyggelserne.

"Det er transporten, der bestemmer bredden. Elementet kan være 4,5 m i bredden, 12-13 m i længden, 4,1-4,2 m i højden. Så det er sådan set ikke længden eller højden, der er et problem, det er bredden. Så kan man selvfølgelig bare gøre det, at man bare skærer hul i alle siderne. Men så går lidt af ideen væk, for så får du ikke den der rationalitet.

...vi prøver at være meget rationelle. Vi accepterer den her "tube", og så får vi det optimale ud af den – det er sådan nogle tiltag som at få lyset ned i midten ved trappen i midten."<sup>6</sup>

BoKlok har produceret huse til Sverige, Norge Danmark Tyskland og England og har med samme basisvolumen elementer udført bebyggelser med forskellige udtryk, både med træbeklædninger og pudsede løsninger.



Figur 40 Boklok i Tyskland



Figur 41 Boklok i Sverige



Figur 42 Boklok i Sverige



Figur 43 Boklok i Norge



Figur 44 Boklok i England



Figur 45 Boklok i England



Figur 46 Boklok i Danmark

### Vurdering

Den danske bygherretradition er at bygge unikaer. Men det er ikke det samme som, at man ikke skal bruge standardiserede komponenter i byggeriet. Materialeproducerende virksomheder bygger på

<sup>6</sup> Interview med arkitekt Søren Rasmussen, ONV Arkitekter

ensartede enheder. De her omhandlede bebyggelser er eksempler på, at arkitektfirmaerne har taget udfordringen op og skabt forskellige arkitektoniske udtryk ved anvendelse af standardelementer.

Begrænsningerne, bredden pr modul på 4,5 meter og billigst muligt byggeri, rummer en lang række løsninger, vi endnu har til gode at se.

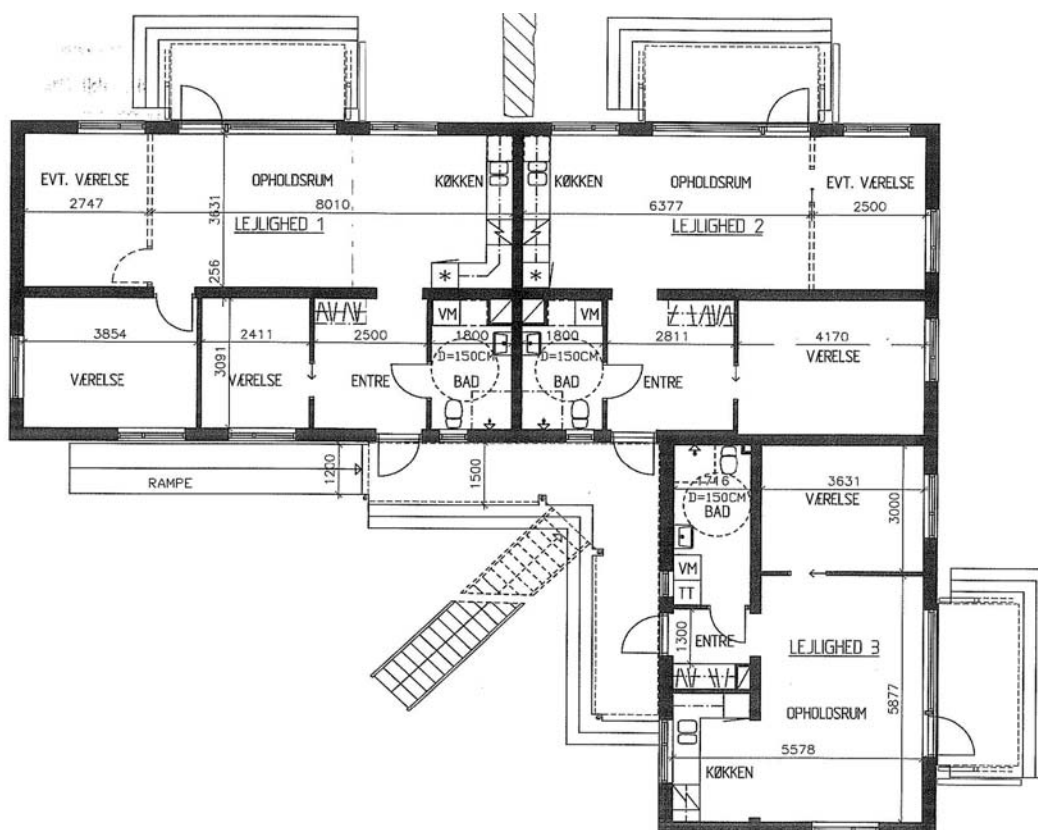
Der er også et stort potentiale i at udvikle sammenkoblingerne af elementerne og installationernes sammenkobling med elementerne.

De kommende års bebyggelser vil vise flere varianter og måske også hybridløsninger med en kombination af flade- og volumenelementer.

## 2.7 De 6 bebyggelsers konstruktive og byggetekniske opbygning

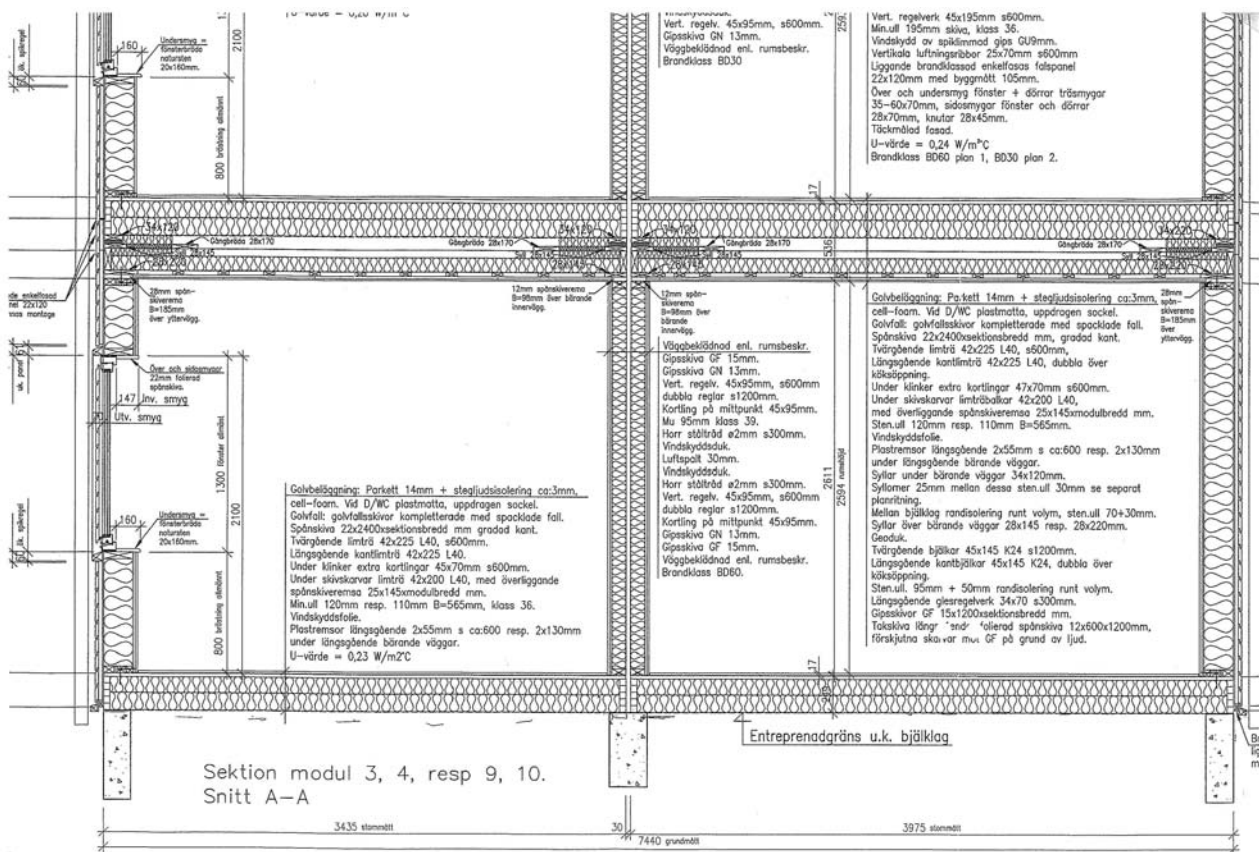
### 2.7.1 BoKlok - Bebyggelsen SophienborgBo i Hillerød

Bebyggelsen består af 2 etagers vinkelhuse med 6 lejligheder, opført af 12 præfabrikerede lette volumenelementer plus tagelementer, der blev opstillet på et randfundament oplagt på punktfundamenter. Under huset er der en ventileret krybekælder med begrænset ventilation gennem riste i fundamentet, Krybekælderens er nødvendig for at installationerne kan tilkobles. Indenfor randfundamentet er der, jf. tegningerne, udlagt grus.



Figur 47 Plan af vinkelhus med 2x3 lejligheder





**Figur 48 Snit i 4 sammenstillede volumenelementer**

**Dæk mod krybekælder**

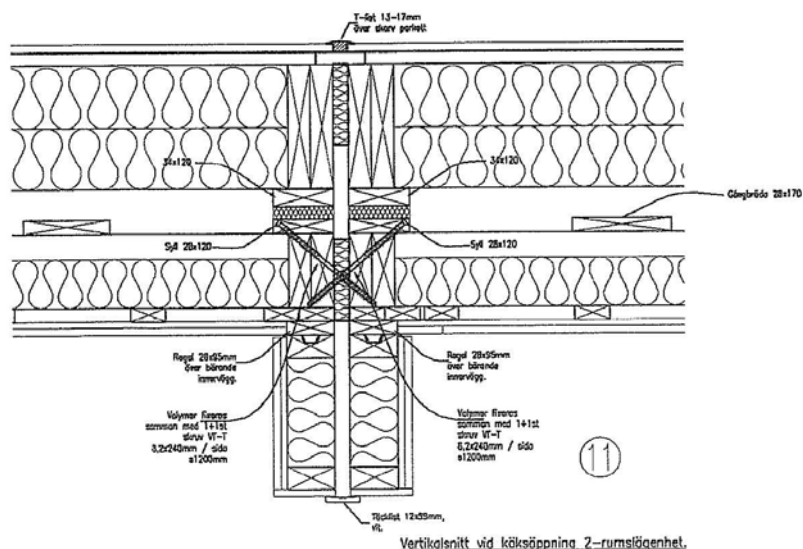
- Parketgulv
- 22 mm spånplade
- 42x225mm Limtræsbjælke
- Under badeværelsesgulv er der indlagt 45x70mm bjælker pr. 600mm
- 110mm + 120mm mineraluld
- Vindtæt membran

**Skillevæg**

- 15mm brandgips
- 13mm gips
- 45x95mm pr. 600mm reglar
- Dobbelt reglar pr. 120mm
- 45x95 tværribbe på midten
- 95mm mineraluld
- 2mm ståltråd pr. 300mm
- Vindtæt membran
- 30mm luftspalte
- Vindtæt membran
- 2mm ståltråd pr. 300mm
- 95mm mineraluld
- 45x95mm pr. 600mm reglar
- Dobbelt reglar pr. 120mm
- 45x95 tværribbe på midten
- 13mm gips
- 15mm brandgips

**Etagedæk**

- Parketgulv
- 22 mm spånplade
- 42x225mm Limtræsbjælke
- Under badeværelsesgulv er der indlagt 45x70mm bjælker pr. 600mm
- 110mm + 120mm mineraluld
- Vindtæt membran
- Mellemrum mede randisolering af 70x30mm
- 45x145, Langsgående kantbjælker, dobbelt over køkkenåbning
- Tværgående bjælker 45x145
- 95mm mineraluld plus 50mm randisolering ved samling
- 34x70mm langsgående reglar pr. 300mm
- 15mm brandgips
- 12mm spånplade med folie



Figur 49 Detalje visende samling af elementer mellem stue og køkken og næste etage



Fig. 50 Installationer er tilgængelige udefra

## Vurdering

Bebyggelsen er fra 2004/2005 og har således fungeret i 5-6 år og virker velholdt. Det første BoKlok byggeri i Danmark med volumenelementer er en delvis parafrase over den svenske model. Man har valgt at beklæde en del af bebyggelsen med svenskrøde facadebrædder, men med et dansk design islæt. Konceptet med vinkelhusene med 6 lejligheder, som danner et minifællesskab, ser ud til at fungere godt. Planløsningen har kompenseret fra begrænsningen af de maksimale modulbredder ved, at elementerne har kunnet bygges sammen med store åbninger f.eks. ved køkkenet. Krybekælderen er traditionelt udført med et randfundament isat riste i et passende antal. Den begrænsede adgang til krybekælder kan vise sig at være et problem på sigt, hvis man ikke kan inspicere og forebygge eventuelle fugtophobninger. Det er oplyst under interview, at der har været vandskade i krybekældre foranlediget af beskadigelse af rør fra dengang de blev monteret.<sup>7</sup> Se afsnittet "Undersøgelse af krybekældre"

Der vil sandsynligvis også være behov for at gøre noget ved de trækgener fra ventilerne bag radiatorerne, som nogle beboere har gjort opmærksom på. Se afsnittet "Tæthed". Løsningen med adgang til teknikskakt udefra udnytter pladsen effektivt, idet der således ikke er behov for et egentligt teknikrum.

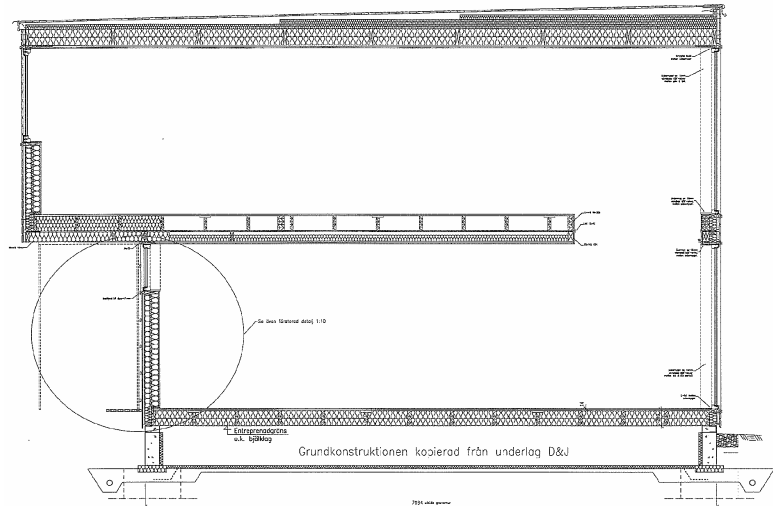
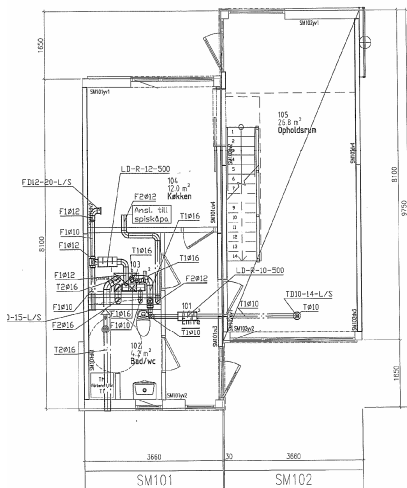
Ved at anvende volumenelementer bliver lejlighedsskel udført med dobbelte vægge/lofter/gulve, dette kan give nogle fordele vedrørende lyd dæmpning. Volumenelementets lyd dæmpningsegenskaber er berørt i afsnittet "Lyd". Vinkelhusets udtryksmuligheder vil blive berørt i afsnittet "Volumenelementets udtryksmuligheder".

Facaden med de malede brædder af grantræ er vedligeholdelseskrævende. Det har været nødvendigt at male i 2010, 5-6 år efter opførelsen.

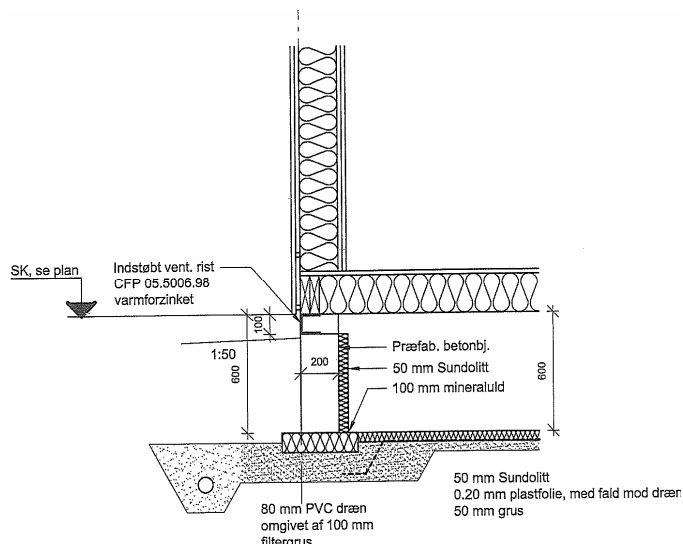
<sup>7</sup> Interview med beboer Peter Rietz

## 2.7.2 BoKlok - Bebyggelsen SøndergårdBo i Måløv, Ballerup

Bebyggelsen består af 2-etages rækkehuse med beboelse i 2 etager. Rækkehusene er sammensat af 4 lette volumenelementer. Der er opstillet på et randfundament oplagt på punktfundamenter. Under huset er der en ventileret krybekælder med begrænset ventilation gennem riste i fundamentet. Krybekælder er isoleret med fugtspærre og polystyrenisolering mod terræn. På sokkel er opsat polystyrenisolering, og under sokkelbjælken er isoleret med 100mm terrænbatts. Der er udlagt dræn, og der er etableret fald mod dette.



Figur 50 Stueplan, depot fungerer som teknikrum      Figur 51 Snit



Figur 52 Krybekælder med fugtspærre og isolering mod terræn og sokkel



Figur 53 Installationsrum

Dæk mod krybekælder  
 Parketgulv  
 Dampspærre  
 22 mm spånplade

Skillevæg  
 15mm brandgips  
 13mm gips  
 45x95mm pr. 600mm reglar

Etagedæk  
 Parketgulv  
 22 mm spånplade  
 42x225mm Limtræsbjælke

Fald på badeværelsesgulv med 22mm MDF plade	Dobbelt reglar pr.120mm 45x95 tværribbe på midten	Under fliser i badeværelse 42x200 limtræsbjælke pr. 300mm
42x225mm limtræsbjælke pr. 600mm	95mm mineraluld	110mm + 120mm mineraluld
Under fliser i badeværelse 42x200 limtræsbjælke pr. 300mm	2mm ståltråd pr. 300mm	Vindtæt membran
115mm + 115mm mineraluld	Vindtæt membran	Mellemrum mede randisolering af 70x30mm
Under badeværelsesgulv 115mm + 95mm mineraluld	2mm ståltråd pr. 300mm	45x145, Langsgående kantbjælker, dobbelt over køkkenåbning
Vindtæt membran	95mm mineraluld	Tværgående bjælker 45x145
	45x95mm pr. 600mm reglar	95mm mineraluld plus 50mm randisolering ved samling
	Dobbelt reglar pr.120mm 45x95 tværribbe på midten	28x70mm langsgående reglar pr. 300mm
	13mm gips	15mm brandgips
	15mm brandgips	

### Vurdering

Bebyggelsen er fra 2006/2007 og har således fungeret i 3-4år og ser velholdt ud. Bebyggelsen er 2-etages rækkehuse, som kun er 8,10 m dybe og svarer som sådan til mange af de ældre bebyggelser. Dette giver mulighed for et godt dagslys i rummene. Rækkehuset er udført med en beklædning af malede brædder. 1 sal er udkraget og beskytter både besøgende til boligen og facaden mod nedbør. Volumenelementer er med udsparring i både top og bund til trappeforbindelsen. Der er gjort særlig meget ud af krybekælderer i dette projekt. Der er udført fugtspærre og isoleret mod terræn. Der er ligeledes isoleret under og på siden af fundamentbjælkerne som angivet i figur 52. Der er udført dræn langs facaden, og terrænet under boligerne er udført med fald imod dette. Se afsnittet "Undersøgelse af krybekældre". Ved at anvende volumenelementer bliver lejlighedsskel udført med dobbelte vægge/lofter/gulve. Dette kan give nogle fordele vedrørende lyddæmpning, se afsnittet "Lyd". Den udførte malerbehandling af træbeklædningen kræver vedligeholdelse hver 5-6 år.

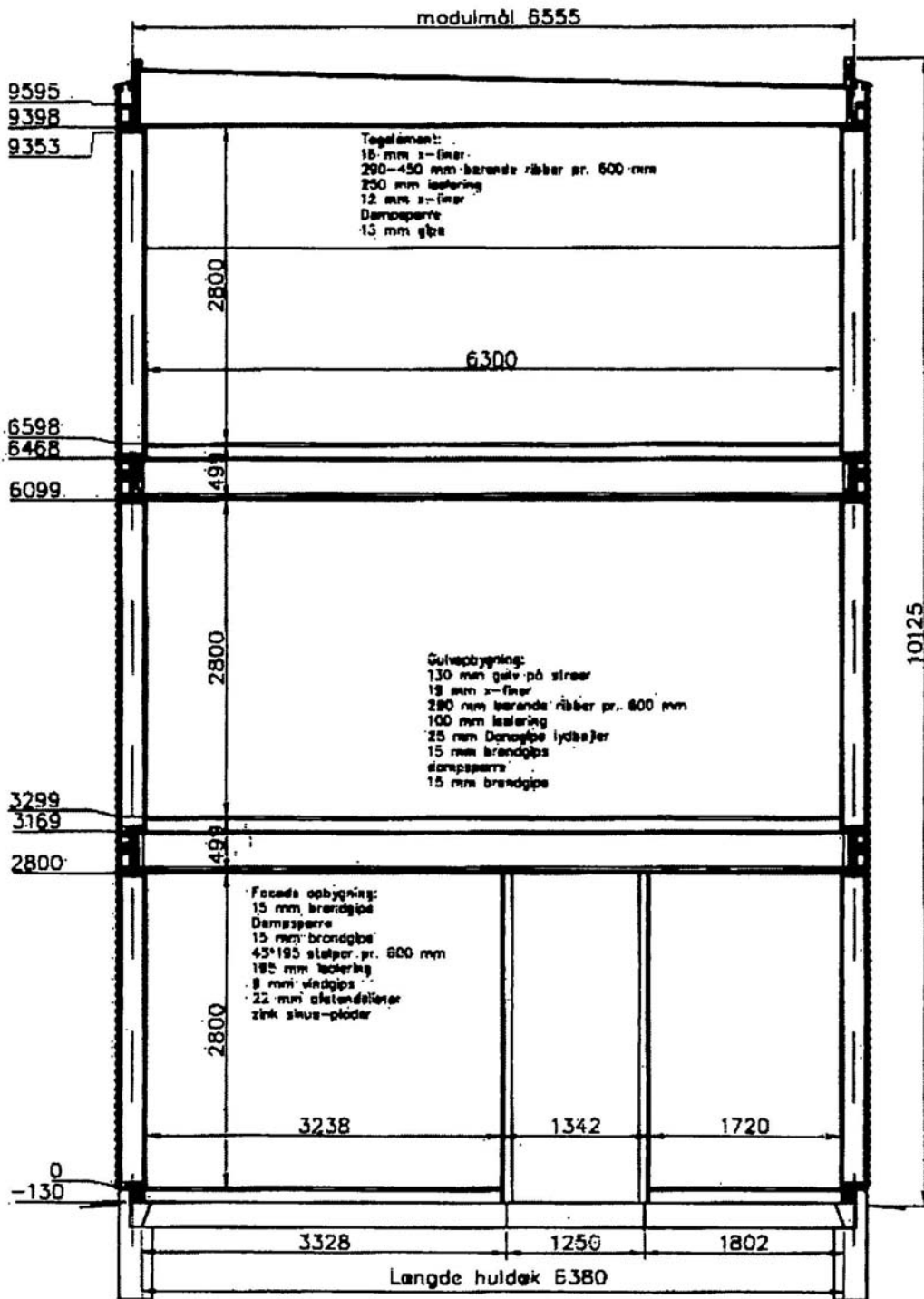
### 2.7.3. De Forenede Ejendomsselskaber - Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Ølby, Køge

Frugthaverne er udført med lette præfabrikerede fladeelementer monteret på et fundament, hvorpå der er oplagt et tungt huldækelement. Trædækelementet spænder frit over 6,3 m. Lofthøjden er 2,8 m, og dækhøjden er 0,49 m. Dybden af boligen er 12,6 m.

"Vægelementerne i dybden er produceret i to dele af hensyn til manøvreduktigheden og kranbehovet. For at undgå udgifter til stillads blev taget produceret og samlet på stedet og løftet op. Tagene tjente som afdækning af byggepladsen under monteringen af fladeelementerne"<sup>8</sup>.

Fladeelementerne blev leveret med vindgipsbeklædning på den udvendige side og det 1. lag gips på den indvendige side. Efterfølgende blev den forpatinerede sinus zinkplade monteret på ydersiden og det sidste lag gipsbeklædning på indersiden. Badeværelserne er præfabrikerede med færdig finish.

<sup>8</sup>Interview Flemming Frost, Juul/Frost Arkitekter A/S



54 Tværsnit, træelementet spænder over 6,3m Lofthøjden er 2,8m og dækhøjden er 0,49m

Tagkonstruktionen er opbygget med:

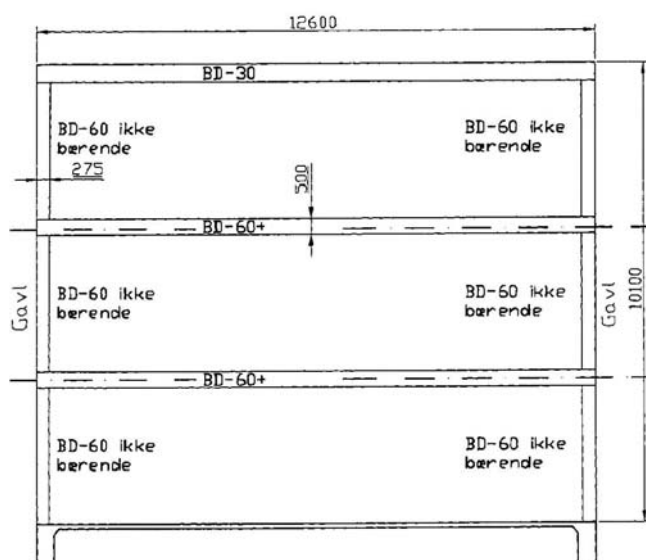
Tagpap  
15mm x finér  
290-450mm bærende ribber pr.600  
250mm isolering  
12mm x finér  
Dampspærre  
13mm gips

Dækkonstruktionen er opbygget med:

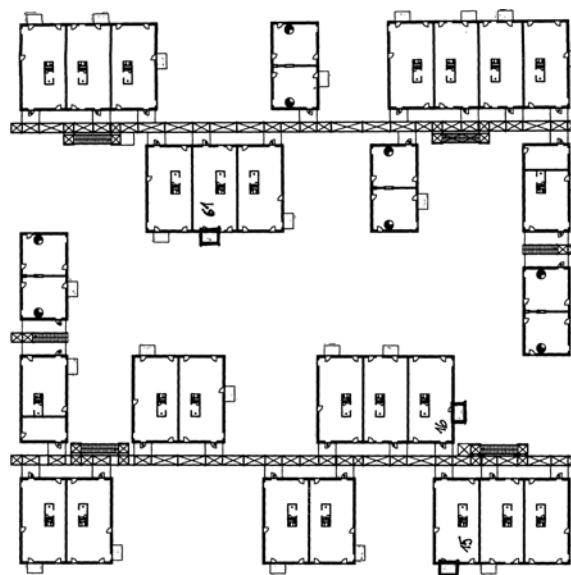
130mm gulv på strøer  
18mm x finér  
290mm bærende ribber pr. 600mm  
100mm isolering  
25mm Danogips lydbøjle  
15mm brandgips  
Dampspærre  
15mm brandgips

Ydervægselementer er opbygget med:

15mm brandgips  
Dampspærre  
45x195 stolper pr. 600mm  
190mm isolering  
9mm vindgips  
22mm afstandliste  
Zink sinus plade



Figur 55 Længdesnit



Figur 56 Oversigtsplan, Pærehaven

Boligerne er placeret i 3 etager på begge sider af 2 gennemgående galvaniserede stålbroer med trappe og adgangsreposer, med to undtagelser, som bruges til at lukke pladsdannelsen mellem bygningerne.

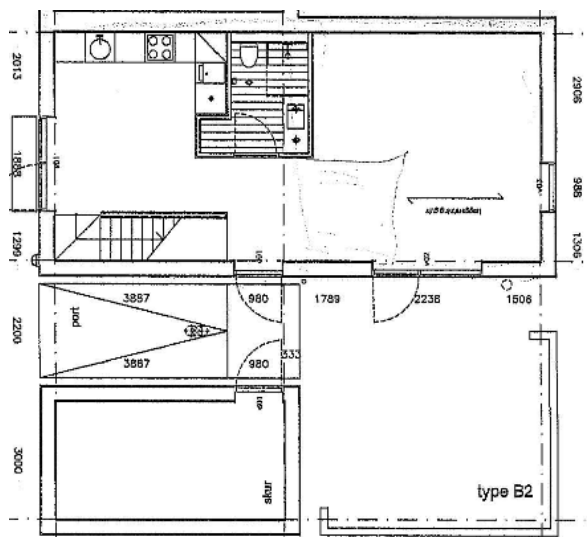
### Vurdering

Bebyggelsen er udført i etaper fra 2004 til 2007 og har således fungeret i 4 til 6 år og ser velholdt ud. Bebyggelsen fremtræder med sine metalliske overflader som et utraditionelt boligbyggeri. Der er et rå, containeragtigt præg over det, som får tanken hen på et industrialanlæg. Anvendelsen af kun et vindue-/dørelement er med til at underbygge dette indtryk. Anvendelsen af lette byggelementer med en forpatinerede sinus zinkplade er et godt bud på en beklædning, som vedligeholdelsesmæssigt bør holde længere end f.eks. en malet brædebeklædning. Udfordringen er, om mekaniske skader vil foranledige behov for udskiftning af pladerne hurtigere end pladernes materialemæssige forfald. Galvaniserede ståltrapper, stålreposer og gange vil sandsynligvis begynde at ruste i løbet af 15-20 år. Det vil ikke betyde, at de falder ned, men en vis udskiftning eller fornyelse af overfladebehandling må imødeses. Valget af fladelementer gør, at der kan vælges et beton-huldæk mod terræn i stedet for en krybekælder. Dette bevirker, at der ikke forekommer fugtfølsomme materialer mod terræn. Anvendelsen af fladelementer giver i denne bebyggelse mulighed for at udføre brede-

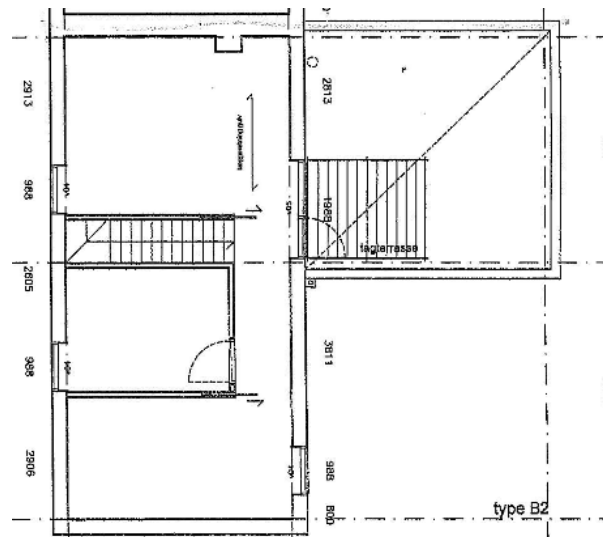
re rum end ved byggerier hvor der er anvendt volumenelementer. Vedrørende opvarmning og ventilation er dette behandlet i afsnittet ” Opvarmning og ventilation”

## 2.7.4 De Forenede Ejendomsselskaber - Bebyggelsen Bedre Billigere Boliger i Kvistgård, Helsingør

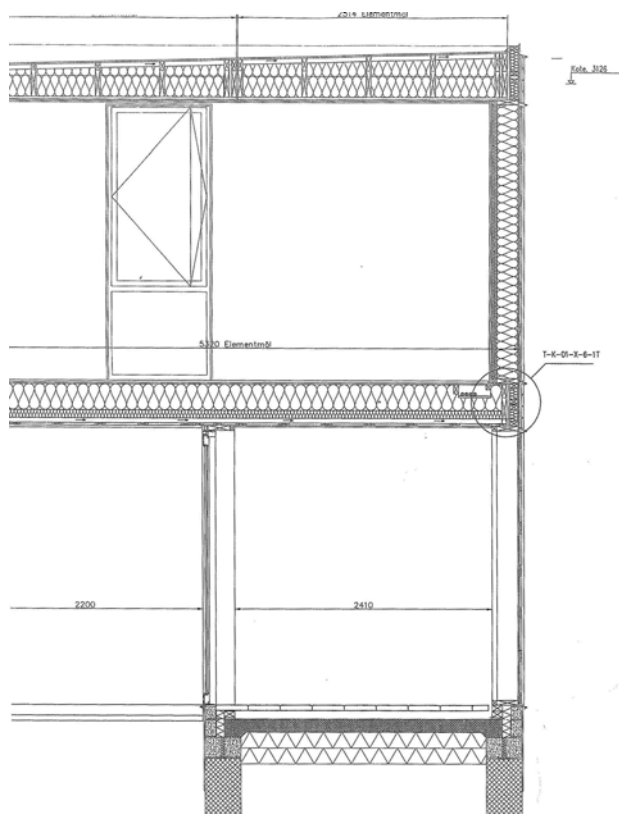
Bebyggelsen, der er bygget som gårdhave-huse, er udført med lette præfabrikerede fladelementer monteret på et fundament og et terrændæk. Trædækelementet spænder frit over ca. 4,6 m. Dæk-højden er ca. 0,5 m. Boligerne er bygget op over et modul på ca. 5 x 5 meter.



Figur 57 Stueplan af bolig og skur



Figur 58 1.sals plan af bolig og altan



Figur 59 Tværsnit

<b>Tagkonstruktionen er opbygget med:</b>	<b>Dækkonstruktionen er opbygget med:</b>
Tagpap	Bambusparket direkte på undergulv
15mm x finér	krydsfinér
Bærende ribber pr.600 isolering	250mm bærende ribber pr. 600mm
Dampspærre	250mm + 70mm isolering
12mm krydsfiner	Forskalling pr.300mm
13mm gips	15mm brandgips

### Vurdering

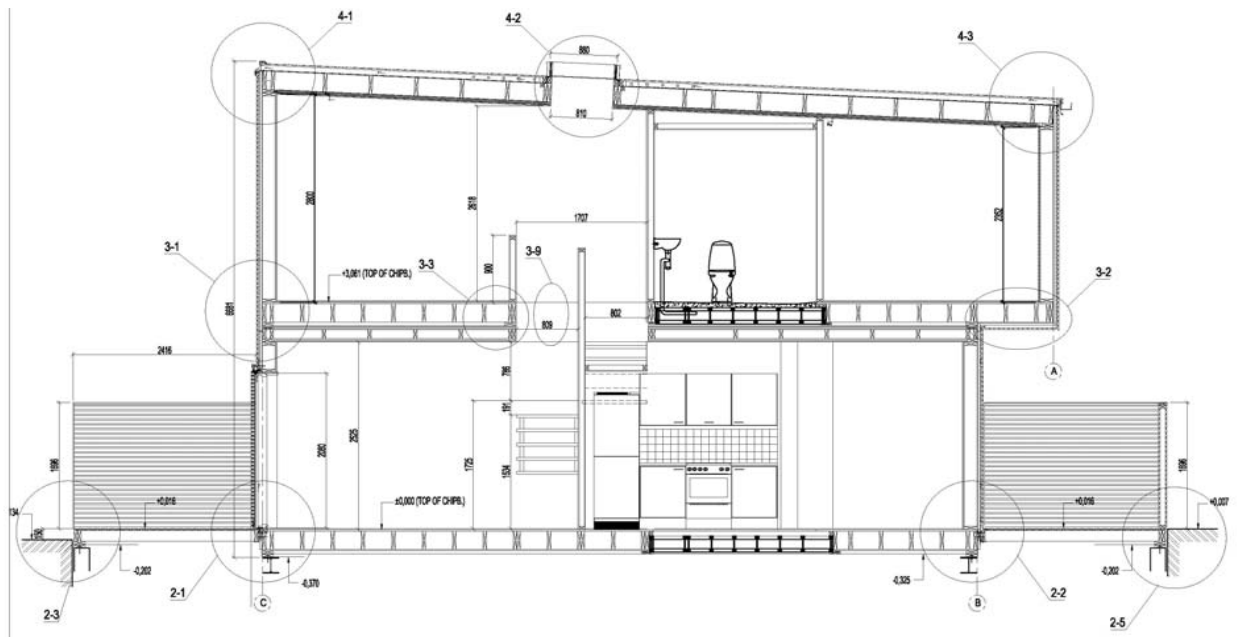
Bebyggelsen er første etape af et større byggeri og er udført i 2007 til 2008. Bebyggelsen har således fungeret i 2 til 3 år og ser velholdt ud. Valget af brug af fladeelementer gør, at der kan vælges et traditionelt terrændæk. Dette bevirker, at der ikke forekommer fugtfølsomme materialer mod terræn. Anvendelsen af fladeelementer i dette byggeri har givet anledning til opfugtning under montagen, se nærmere herom under afsnittet "Fugt". Bredden af boligene i denne bebyggelse er ca. 5 m. Anvendelsen af fladeelementer giver mulighed for at udføre dette bredere rum. Ved anvendelse af volumenelementer kunne dette kun lade sig gøre ved at bruge to volumenelementer i bredden. Der er anvendt lette byggelementer med beklædning af varmebehandlet træ, som jf. producenten skal sikre træet mod nedbrydning foranlediget af fugt/vand påvirkning. Den udførte malerbehandling kræver vedligeholdelse hver 5-6 år.

Gårdhusene giver beboerne brugsretten til nogle delvist beskyttede områder, med åbne "porte" som fungerer som sigtelinjer ud i landskabet. Disse porte giver desværre også træk i gårdrummet, når vinden presses igennem. Der bør findes en løsning, så beboerne kan opholde sig i deres gårdrum uden trækgener.

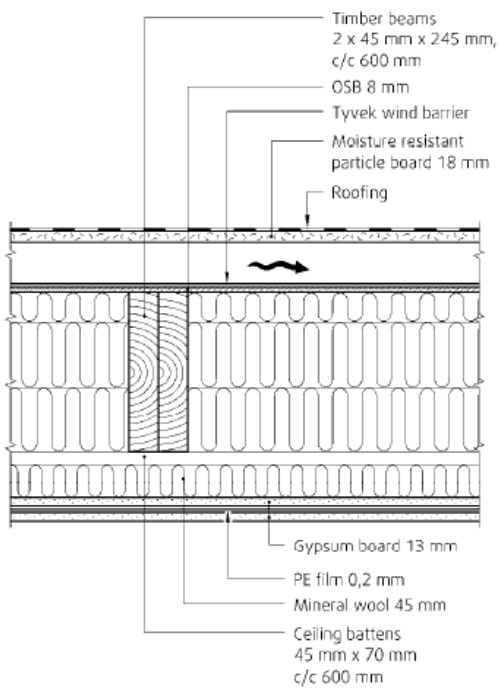
### 2.7.5. Fonden for billige boliger - bebyggelsen Vildrose 1+2 i Valby, København

Bebyggelsen består af rækkehuse opført af et antal præfabrikerede lette volumenelementer placeret ved siden af hinanden eller ovenpå hinanden. Boligerne er komponeret, så der enten er et volumenelement for enden og 2 foroven, eller omvendt, således at boligerne overlapper hinanden. Volumenelementerne er opstillet på linjefundamenter vinkelret på facaden. Facaden bæres af et galvaniseret stålprofil, som tillader, at der er fuld ventilation af krybekælderen, vinkelret på facaden. Krybekælderen er nødvendig for at installationerne kan tilkøbes.





Figur 60 Snit



Figur 61 Detalje af øverste del af volumenmoduler



Figur 62 Installationsrum er placeret under trappe

Taget, den øverste del af volumenelementerne er opbygget nedefra med loft af 2 x 13 mm gipsplader omkring en dampspærre af 0,2mm PE på 45mm lægter pr. 600mm, Loftsbjælker er udført af

2x45x245mm tømmer, der er i alt ca. 290mm mineraluld, ovenpå isoleringen er en 8mm OSB plade pålagt en vindspærre af mærket Tyvek. Tagpladen er udført af 18mm tagplade pålagt tagpap.

### **Vurdering**

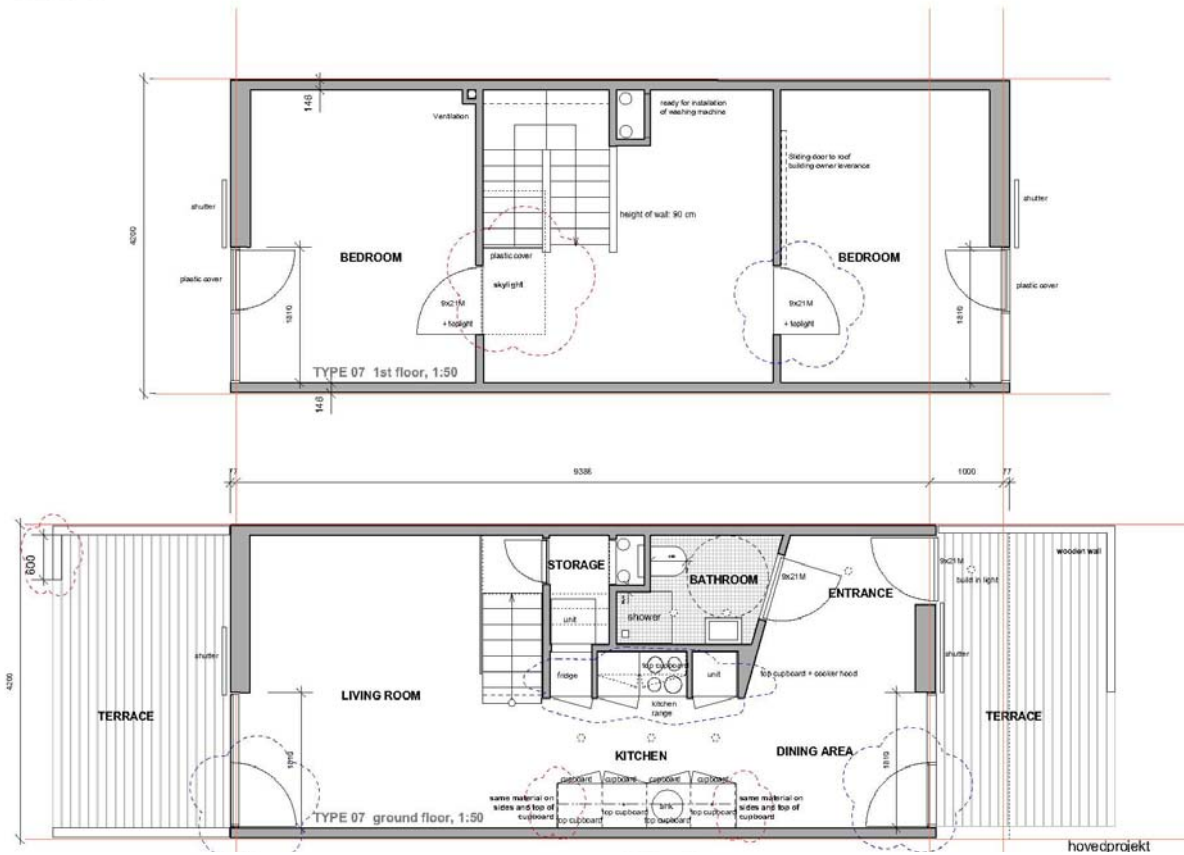
Bebyggelsen er fra 2007/2008 og har således fungeret i 2-3 år og ser velholdt ud. Krybekælderen er ført ca. 2,4 m ud på hver side af huset, figur 60, og terrassebrædder fungerer som ventilationsriste. Som det fremgår af figur 60, er der på de to sider vinkelret på facaden udført linjefundament, mens der langs med facaden er helt åbent for ventilation, idet facaden bæres af et stålprofil. Baseret på inspektion af en af bebyggelsens krybekældre vurderes, at der fremover bør etableres kvalitetssikringssystemer, der sikrer, at krybekælderen udføres i en bedre finish end den besigtigede, herunder at fugtproblematikken er løst. De registrerede forhold giver indtryk af manglende robusthed i konceptet. Krybekælderen er nærmere beskrevet under afsnittet "Undersøgelse af krybekældre". Ved at anvende volumenelementer bliver lejlighedsskel udført med dobbelte vægge/lofter/gulve. Dette kan give nogle fordele vedrørende lyddæmpning. Volumenelementets lyddæmpningsegenskaber er berørt i afsnittet "Lyd". Den udførte malerbehandling af træbeklædningen kræver vedligeholdelse hver 5-6 år.

Det bør overvejes at udvikle et volumenelement til skure, som i højere grad er rettet mod denne funktion end det er tilfældet med det nuværende, hvor f.eks. indgangspartier allerede er slidte.

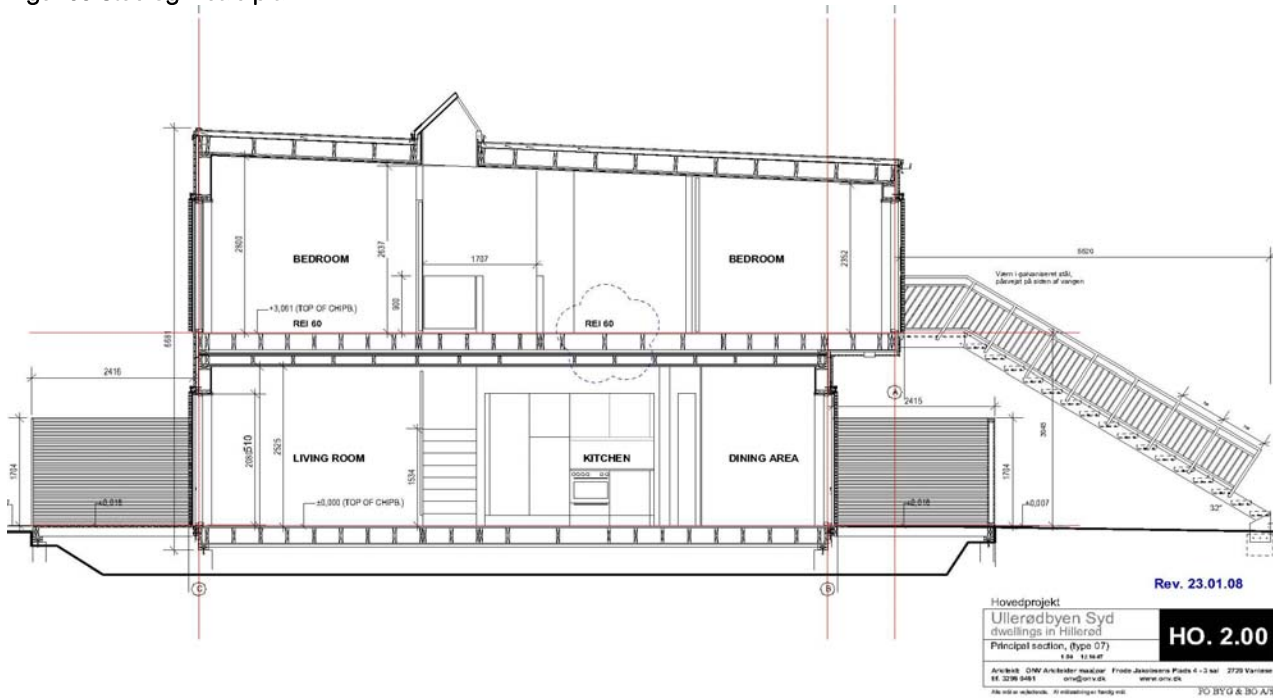
### **2.7.6. Fonden for billige boliger - Bebyggelsen Solbyen i Ullerød, Hillerød**

Bebyggelsen består af 2 og 3 etages rækkehuse opført af et antal præfabrikerede lette volumenelementer placeret ved siden af hinanden eller ovenpå hinanden. Boligerne er komponeret ved at forbinde 2 eller flere af volumenelementerne. Volumenelementerne er opstillet på linjefundamenter vinkelret på facaden. Facaden bæres af et galvaniseret stålprofil, som tillader, at der er fuld ventilation af krybekælderen, vinkelret på facaden. Krybekælderen er nødvendig for at installationerne kan tilkobles.

TYPE 07



Figur 63 Stue og 1.sals plan



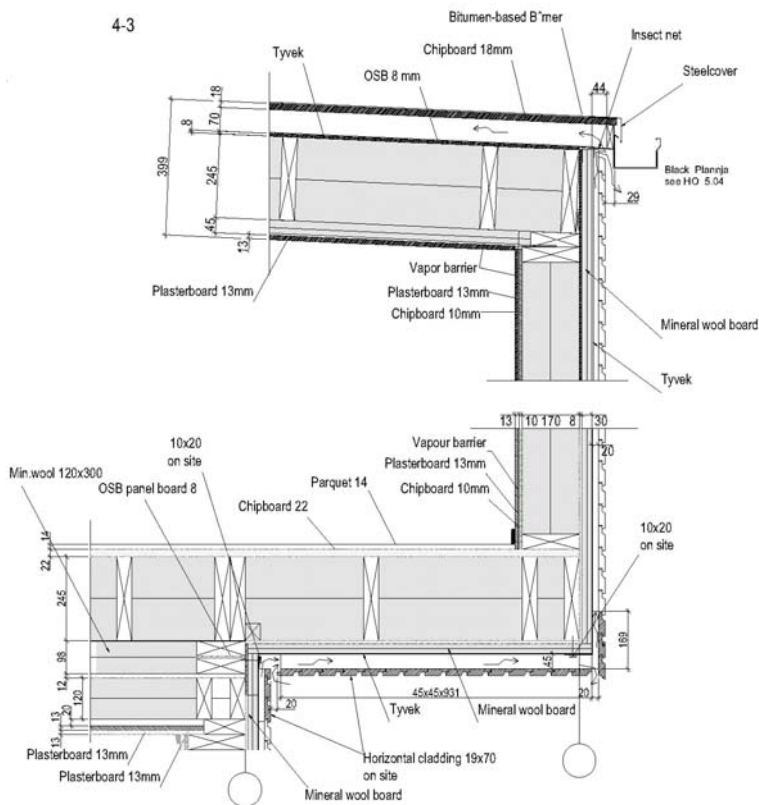
Figur 64 Snit

Rev. 23.01.08

Hovedprojekt  
 Ullerødbyen Syd  
 dwellings in Hillerød  
 Principal section, (type 07)  
 1:25 1/2 scale

**HO. 2.00**

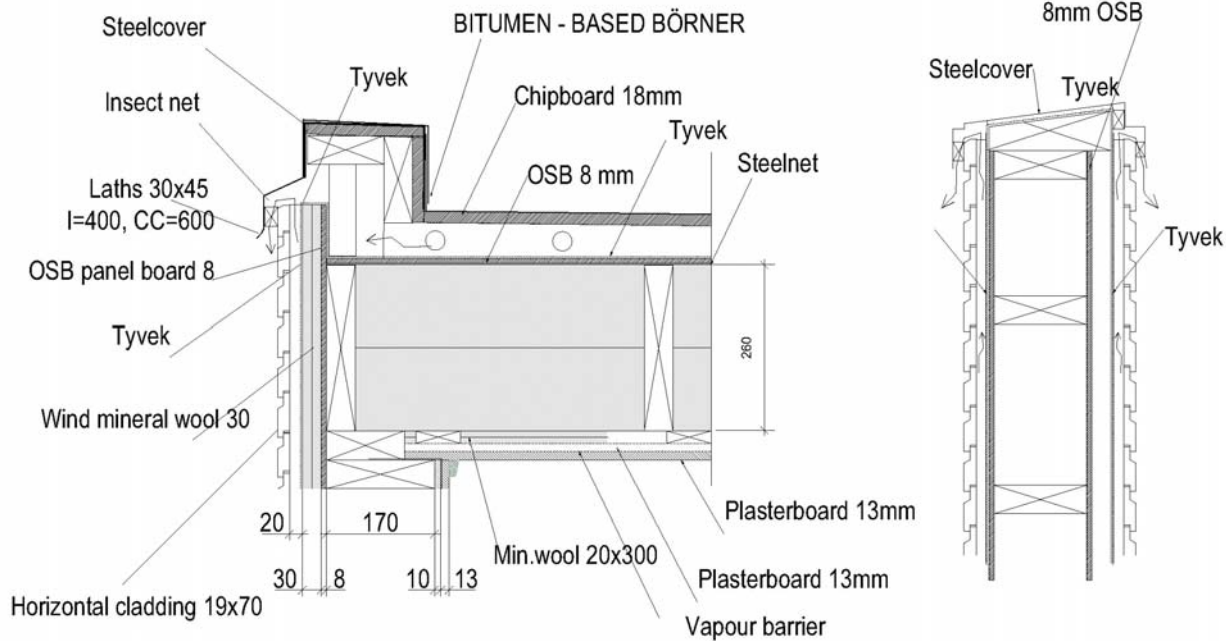
Arkitekt: DMU Arkitektur A/S, Fridtjof Jacobsens Plads 4-12, 2720 Vanløse, Tlf. 3298 8881, om@dmu.dk, www.dmu.dk  
 Alle rettigheder forbeholdt. © 2008 DMU Arkitektur A/S. 70 BYG & BO A/S



Figur 65 Snit af hjørne tag/væg og udkragning



Figur 66 Teknikrum er placeret under trappe



Figur 67 Detaljer af ventileret beklædning

## Vurdering

Bebyggelsen er fra 2007/2009 og har således fungeret i 1-2 år og ser velholdt ud. Ligesom ved bebyggelsen Vildrose 1 og 2 er krybekælderen ført ca. 2,4 m ud på hver side af huset, figur 64, og terrassebrædder fungerer som ventilationsriste. Som det delvist fremgår af figur 64, er der på de to sider vinkelret på facaden udført linjefundament, mens der langs med facaden er helt åbent for ventilation, idet facaden bæres af et galvaniseret stålprofil. Der er tilsyneladende nogle fugtmæssige problemer i krybekælderen, som bør nærmere undersøges. Krybekælderen er nærmere beskrevet under afsnittet "Undersøgelse af krybekældre". Ved at anvende volumenelementer bliver lejlighedsskel udført med dobbelte vægge/lofter/gulve. Dette kan give nogle fordele vedrørende lyddæmpning. Volumenelementets lyddæmpningsegenskaber er berørt i afsnittet "Lyd". Bebyggelsen er opført som energiklasse 1, hvilket stiller store krav til etablering af et lille varmeforbrug. Den anvendte varmeløsning er problematisk. Den valgte varmepumpe ser ikke ud til at kunne levere et acceptabelt indeklima til beboerne. Problematikken er beskrevet nærmere i afsnittet "Opvarmning og ventilation". Den udførte malerbehandling af træbeklædningen kræver vedligeholdelse hver 5-6 år.

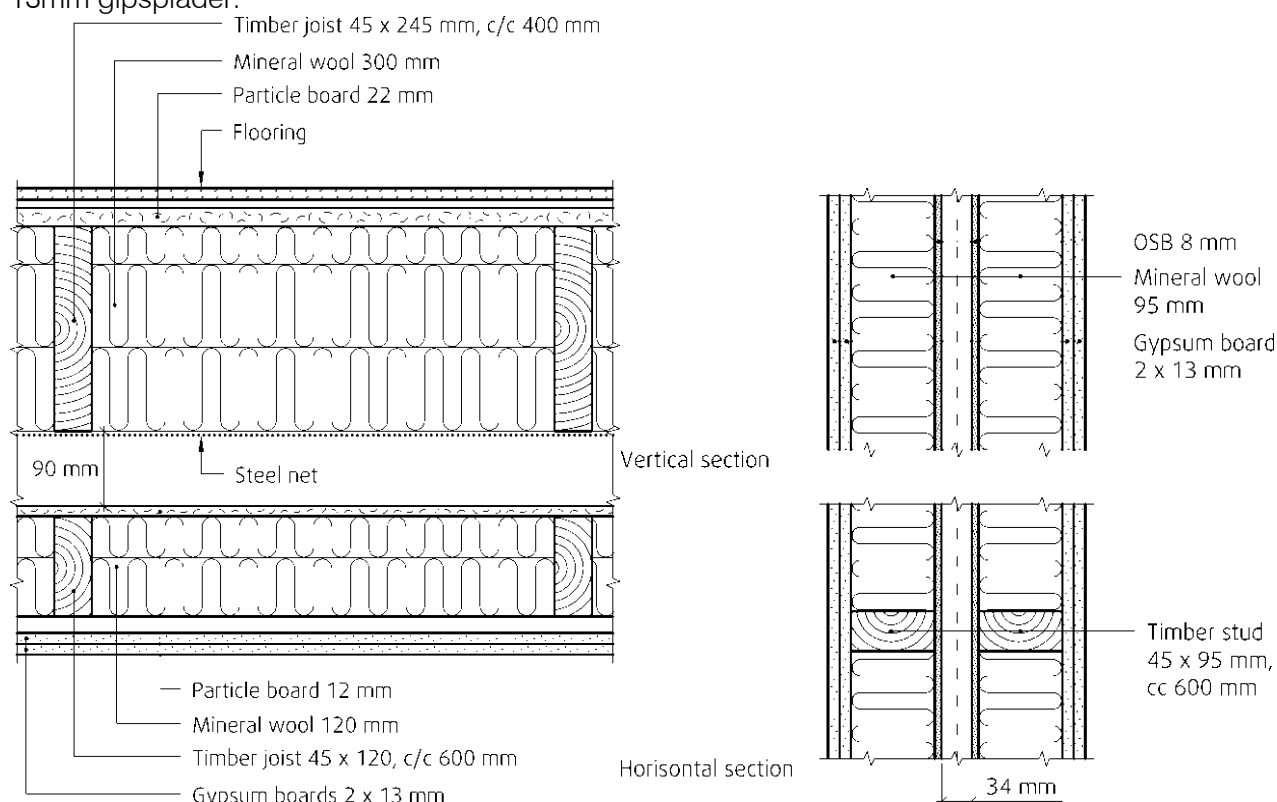
## 3.0 Byggetekniske egenskaber

### 3.1 Lyd

Volumenelementets vægge giver ved sammenbygning to selvstændige vægge, både vandret og lodret, der er gode som lejlighedsskel og giver mulighed for bedre lydtekniske egenskaber sammenlignet med fladelementerne, der mere følger den traditionelle opbygning af ydervægge, etageadskillelse og lejlighedsskel.

Sider, top og bund i volumenelementerne er gode til både lodrette og vandrette etageskel. En lyd-væg konstrueres ofte med to sæt reglar, som ikke rører hinanden, for at undgå transmission af støj. Denne adskillelse får man forærende ved anvendelse af volumenelementerne.

Som eksempel kan nævnes Vildrose 1 og 2. Konstruktionen er opbygget med 2 x 13 mm gipsplader, 95 mm mineraluld, 8 mm OSB plade, ca. 30 mm hulrum, 8 mm OSB plade, 95 mm mineraluld, og 2 x 13 mm gipsplader.



Figur 68 Vildrose 1 og 2. Lodret snit øverst og nederst i volumenelement og lodret og vandret snit i vægge i lejlighedsskel

Det vandrette lejlighedsskel er opbygget nedefra med loft af 2 x 13 mm gipsplader på 20 mm spredt forskalling, Loftsbjælker 45x120 mm, ca. 120 mm mineraluld, 12 mm spånplade. Mellem de to volumenelementer er der en spalte på ca. 90 mm som langs yderkanten forsynes med en 300 mm bred mineraluldsmåtte for at isolere ud for samlingen af elementerne. Ved samlingen af elementerne lægges mineraluld ned mellem de to volumenelementer og der monteres 13 mm gips for at brandsikringen er i orden. Herpå lægges OSB plader. Oven på dette monteres det næste volumenelement som i bunden har et stålnet til at bære isoleringen. Gulvbjælkerne er 45x245 mm herimellem lægges 245 mm mineraluld dækket af en 22 mm spånplade hvorpå der ligger et 14 mm parketgulv på et trindæmpende underlag.

Den samlede højde på loft/gulvkonstruktionen er 557 mm, hvilket er ca. det dobbelte sammenlignet med en traditionel etageadskillelse i en toetagers bolig.

Vildrose 1 og 2 som er bygget efter BR98, hvoraf det fremgår, at gulve, dæk og trapper skal udføres, så trinlydniveauet højst er 53 dB i beboelsesrum og køkken. Altaner samt gulve og dæk i bade-, wc,

pulterrum og lignende kan dog udføres, så trinlydniveauet højst er 58 dB. Ved vægge mellem sammenbyggede boliger skal luftlydisolationen være mindst 55 dB.

Det er vigtigt, at der etableres en tæt forbindelse helt ned til terræn under lejlighedsskel, da det ellers kan være vanskeligt at undgå lydtransmission mellem boligerne.

#### Konklusion:

I de efterfølgende bygningsreglementer er indført lydklasserne A, B og C, hvor lydklasse A bl.a. defineres ved, at 90 % af beboerne er tilfredse med lydforholdene. Volumenelementbyggerierne burde kunne bringes til at opfylde kravene til lydklasse A, hvis der er opmærksomhed på detaljerne i projekteringen og udførelsen.

## 3.2 Tæthed

Konstruktionens tæthed er en vigtig faktor for at opnå et lille varmetab.

I 2007 indførtes, med tillæg til bygningsreglementet, krav om bygningers tæthed.

I dag må luftskiftet gennem utætheder i klimaskærmen ikke overstige 1,5 l/s pr. m<sup>2</sup> opvarmet etageareal ved trykprøvning med 50 Pa.

De 5 af de 6 bebyggelser er projekteret i en periode, hvor tæthedskravet var til diskussion, og under indførelse, men hvor det endnu ikke var trådt i kraft.

Ullerød bebyggelsen er udført, efter kravet er trådt i kraft, og er opført som lavenergiklasse 1 byggeri.

Peter Weitzmann, COWI har udført tæthedsundersøgelser med Blower Door, på 10 af boligerne i Ullerød. Resultaterne ligger mellem 0,66 og 1,48 l/s m<sup>2</sup>, svarende til et gennemsnit på 1,05 l/s m<sup>2</sup>.

Boligerne ligger således indenfor kravet om 1,5 l/s m<sup>2</sup> ved 50 pascal

Boklok husene i Hillerød fra 2004, SophienborgBo, er forsynet med ventiler med tvangsåbning bag radiatorer i hvert rum. Det er ved de foretagne interview blevet påtalt, at der er trækgener herfra.

I dag er volumenelementerne fra Kodumaja, som var leverandør til Vildrose 1 og 2 samt Ullrødbyen, certificeret til at kunne overholde tæthedskravet på max luftskifte på 1,5 per time ved 50 Pascal Jf. ISO 9972.



Figur 69, 70, 71 Ventil med tvangsventilation bag radiator Boklok Hillerød

Bedre Billigere Boliger anvender fladeelementer, og Boklok er med de sidst opførte huse i Frederiksund også gået over til at anvende fladeelementer Der er her ikke en certificering på fabrikken af tætheden.

I disse tilfælde må tætheden delvist udføres under indbygningen af elementerne og eftervises med en Blower Door test.

### **Konklusion:**

Kravet om tæthed i konstruktionen er nemmere at opfylde ved udførelse på fabrik end på stedet. Det er dog både for fladeelementerne og volumenelementerne nødvendigt at foretage sammenbygninger af elementerne på stedet, hvorfor det vil være nødvendigt med en Blower Door test, hvis man skal være sikker på, at bebyggelsen opfylder tæthedskravet. Tæthedskravet og f.eks. kravet om energiklasse 1 vil nødvendiggøre anvendelse af ventilationsanlæg med varmegenvinding. Trækgenerne i den første BoKlok bebyggelse, SophienborgBo i Hillerød bør løses med et ventilationsanlæg med varmegenvinding.

## **3.3 Opvarmning og ventilation**

De omhandlede bebyggelser er planlagt og udført over en periode, der strækker sig fra omkring 2000 til 2009. Udviklingen i kravene til bygningers varmetab er gået meget stærkt i denne periode. Ser vi på 2 eksempler, et af de første, og det sidste af de omhandlede bebyggelser, er der en væsentlig forskel på, hvordan opvarmningen er løst.

### **Eksempel 1**

Pærehaven i Ølby er en af de tidlige bebyggelser, der blev færdig i 2004, og således skulle opfylde kravene i BR98 på  $(70+2200/A)$  kWh/m<sup>2</sup> pr. år, hvor A er det opvarmede etageareal.

Jævnfør Energimærke udarbejdet 1-4-2005 til bebyggelsen er det gennemsnitlige årlige energiforbrug på 81,7 kWh/m<sup>2</sup>. Hvilket er 44 % lavere sammenlignet med middeltallet 142,3 kWh/m<sup>2</sup> for tilsvarende ejendomme på dette tidspunkt.

Lejlighederne opvarmes via radiatorer fra naturgasfyrede centralvarmeanlæg. Boligernes kompakte form og rimeligt isolerede bygningsdele sammenholdt med de decentralt placerede fyrrum gør, at der kan påregnes en lav udgift til boligopvarmning. Varmeforbruget afregnes ved fordampningsmålere. Der er monteret forbrugsmålere for koldt og varmt brugsvand.

Byggeriet er fra perioden før der blev stillet krav om overholdelse af et bestemt tæthedsniveau. Ventilationsanlægget er derfor et traditionelt mekanisk udsugningsanlæg med udsugning fra badeværelse via kontrolventil og udsugning fra køkkenet via emhætten. Den monterede emhætte er med funktion for forceret drift under madlavning.

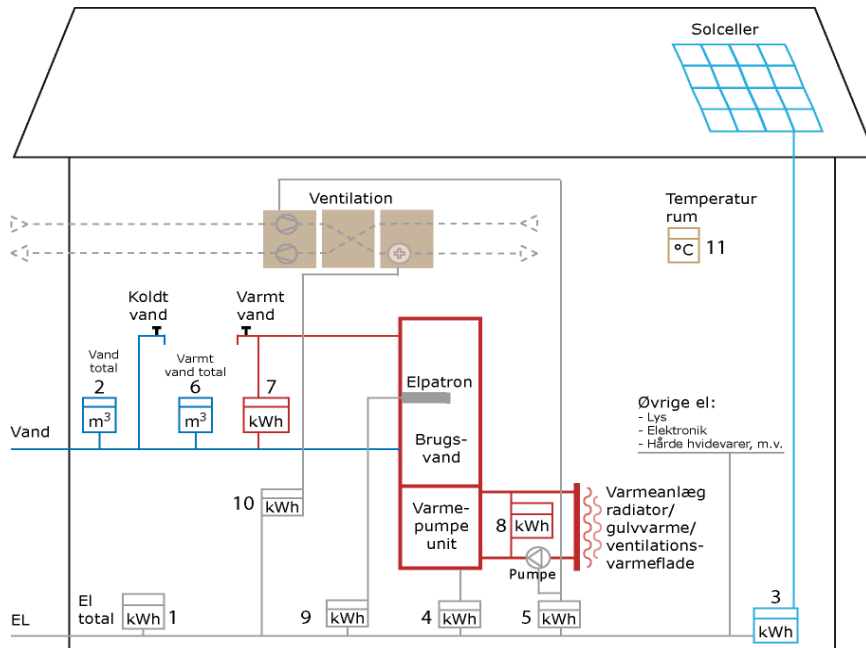
Erstatningsluft tilføres via udeluftventiler i vinduesrammer. Yderligere ventilation af opholdsrum kan opnås via oplukkelige vindues- og dørpartier.

### **Eksempel 2**

Bebyggelsen Ullerødbyen er udført i lavenergiklasse 1 og er ikke tilsluttet fjernvarmen som ellers er i området. Bebyggelsen er opført sammen med et 3000 m<sup>2</sup> stort solfangeranlæg, som er tilsluttet fjernvarmesystemet og således ikke en del af boligernes opvarmning.

Opvarmningen af boligerne foregår med en el-drevet såkaldt aftræksvarmepumpe. Anlægget er forsynet med en varmeveksler og solceller.

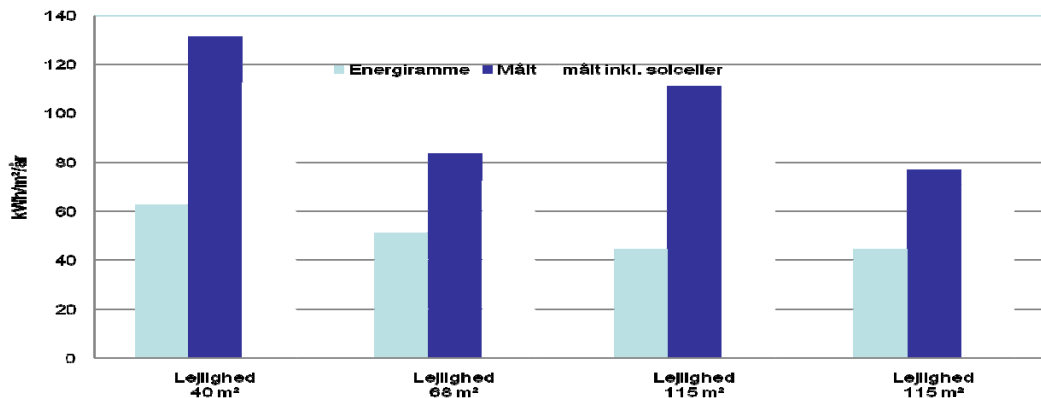




Figur 72 Peter Weitzmann, COWI Diagram visende varmepumpe i boligerne i Ullerød

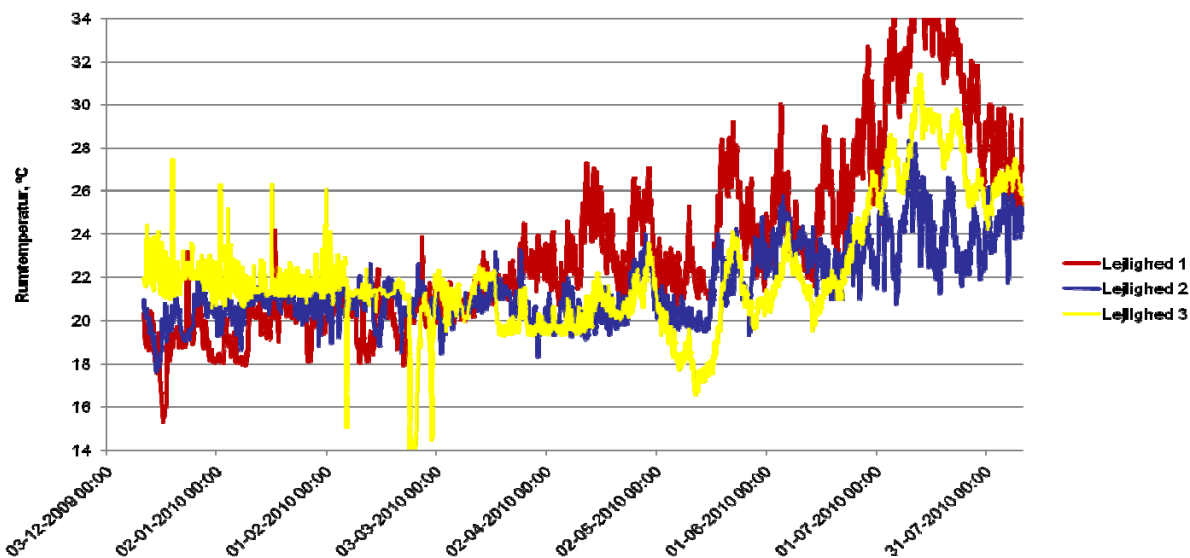
Peter Weitzmann fra COWI er i gang med en undersøgelse af anlægget og har bl.a. målt energiforbrug i 4 lejligheder i en periode på 9 måneder.

### Primærenergiforbrug



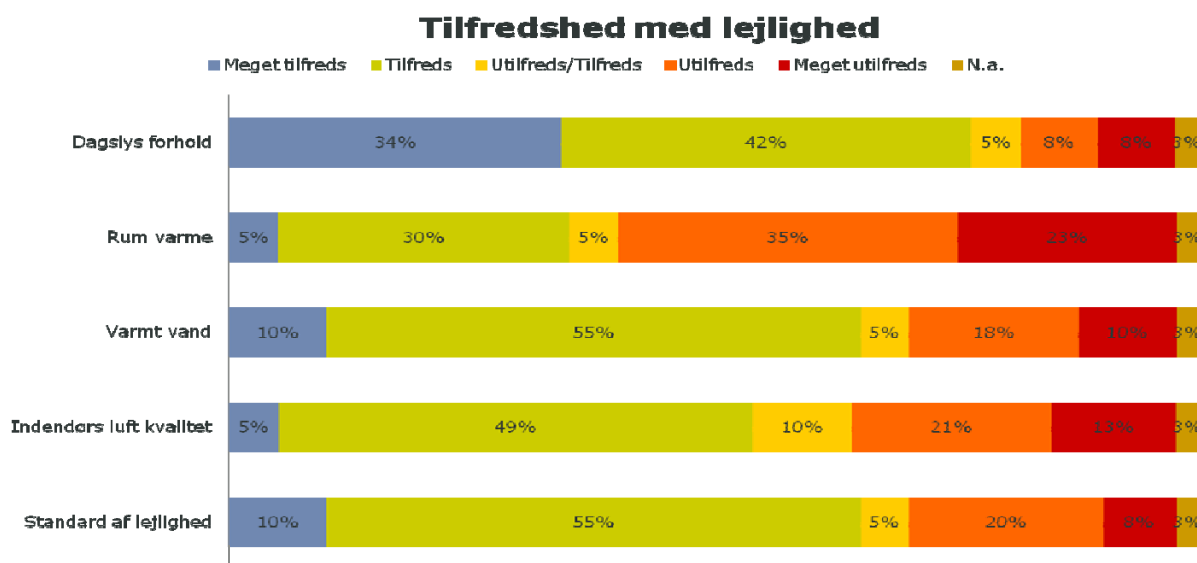
Figur 73, Peter Weitzmann, COWI søjlediagram visende beregnet og målt energiforbrug i kWh pr.m² pr. år

Af fig. 66 fremgår, at det målte energiforbrug er væsentligt højere end beregnet, også selvom bidraget fra solcellerne regnes med.



Figur 74 Peter Weitzmann, COWI Rumtemperaturer 3-12-2009 til 31-7-2010 i 3 lejligheder

Temperaturmålingerne i 3 lejligheder indikerer, at det har været vanskeligt at holde temperaturerne på et jævnt niveau.



Figur 75 Peter Weitzmann, COWI Tilfredshedsundersøgelse, bl.a. med markant stor utilfredshed med rum varme

#### Hvorfor bruger huset mere energi end energirammen forudsiger?

Der mangler yderligere undersøgelser af, om bebyggelser generelt overholder de varmekonsum, som de beregningsmæssigt er vurderet til. Flere undersøgelser viser, at det ikke er tilfældet. Peter Weitzmann fra COWI mener, at der efterhånden tegner sig et billede af, at det primære varmekonsum gennemsnitligt ligger 30-40 % over beregningerne.

Andre forklaringer kan være:

- Boligerne er ikke "kørt ind"
- Meget kold periode, som ikke er optimalt for varmepumpen
- Relativt små lejligheder – stort luftskifte

*Er en afkastvarmepumpe den rigtige løsning?*

Med baggrund i tilfredshedsundersøgelsen blandt beboerne, hvor 40 ud af 86 svarede, er opvarmningssystemet ikke tilfredsstillende.

I de mindre lejligheder er anvendt en combi varmepumpe, som virker således at varmepumpen, som har en lille effekt på 2,2 kW, kun kan opvarme en ting ad gangen. Det vil sige, at, mens der tages bad og et stykke tid efter, vil varmepumpen være beskæftiget med at varme vand op og ikke have kapacitet til at varme rumluften op, som dog holdes på minimum 17 grader. I de større lejligheder er der 2 varmepumper, en der leverer varm luft og en der leverer varmt vand. Utilfredsheden er dog også høj i disse lejligheder. Varmepumpen har længere genopvarmningstid end et traditionelt varmeanlæg. Når lejligheden har været kølet ned, tager det længere tid at få temperaturen op igen.

Jf. Peter Weitzmann er det efterhånden ganske godt eftervist, at økonomien i lavtemperaturfjernvarme, både for forbruger og samfundsøkonomisk, er lavere eller på niveau med varmepumper. Det lader således til, at der selv for lavenergiobjekter vil være god økonomi i at benytte fjernvarme.

#### **Konklusion:**

Med baggrund i undersøgelserne, der indtil nu er foretaget i Ullerød, bør det overvejes, at der i fremtidige billige boligbebyggelser overvejes anvendelse af lavtemperaturfjernvarme, indtil varmepumpernes effektivitet er bedre dokumenteret.

## **3.4 Fugt**

Træbaserede byggematerialer er fugtfølsomme. Der er gennem tiden udviklet byggemetoder, standarder mv. som skal sikre, at fugtfølsomme materialer i byggeriet ikke opfugtes og dermed undgå at de nedbrydes eller danner grobund for f.eks. sundhedsskadelig skimmel. Men da byggeriet hele tiden udvikles, er der en stadig fokus på fugt som en stor risikofaktor i byggeriet.

Fugtproblematikken kan groft inddeles i to områder: Tilført fugt fra udefrakommende vand fra nedbør, fra jorden eller fra utætte installationer og kondensfremkaldt fugt.

I de her omhandlede former for byggeri er det særligt følgende fokusområder, der adskiller sig fra traditionelt opførte byggerier:

- Samlingerne mellem elementerne indbyrdes og fladeelementerne og fundamentet på byggepladsen
- Elementernes afdækning mod vand/fugt
- Fugt fra krybekælder

#### *Samlingen mellem fladeelementerne indbyrdes og volumenelementerne indbyrdes*

Samlingen mellem fladeelementerne ved montering er en gammel problematik, som branchen hæver at have løst, men som er et risikoområde, der skal være stor fokus på under monteringen.

I 1970'erne udførtes en lang række flade tage opbygget af tagkassetter, hvor dampspærren mellem elementerne ikke var udført tilstrækkelig omhyggeligt. F.eks. udførte Brødrene Teichert en række skoler, hvor dampspærren bestod af tape, klæbet på undersiden langs samlingen af to elementer, som efter få år faldt ned og gav fri adgang for passage af fugtig luft op mellem kassetterne og op til tagpladen, hvor kondens hurtigt nedbrød den og gjorde den slap. Dette forårsagede revner i tagpappen, hvor vand kunne trænge ind og yderligere ødelægge taget og samtidig danne grobund for massive skimmelangreb. Det havde store konsekvenser for kommuner og boligselskaber i mange år frem, og tagpapbelægninger blev uretfærdigt i mange år udsat for at være en dårlig tagdækningsløsning.

Siden er udviklingen af kassetter eller fladeelementer fortsat og har i dag en meget stor udbredelse indenfor store dele af byggeriet.

Tætheden af dampspærren mellem elementerne løses på forskellig måde. Tåsinge træ har udviklet en tætningsliste, som er sat på siden af tagelementet, og skal sikre damptætheden. Andre har flapper stikkende ud, som skal sammenføjes under monteringen. Det ser nemt ud, når der er frit under elementet, men, når der er bjælker og bærende vægge i vejen, er det sværere og kræver omhyggelighed.

#### *Elementernes afdækning mod vand/fugt*

Tagelementer eller volumenelementer, der fra fabrikken leveres med et lag tagpap er set fra et fugt-teknisk synspunkt at foretrække, så der kun resterer at påklæbe en strimmel tagpap over samlingerne, før der er opnået tæthed.

Der har været en række sager, hvor det er gået galt. Også ved et af de her omhandlede byggerier, Bedre billigere boligens bebyggelse i Kvistgård gik det galt.

BBB's bestyrelsesformand Steffen Ebdrup udtaler i et interview til Helsingør Dagblad den 22-12-2007 "Der er begået en række fejl blandt andet omkring håndteringen af byggematerialerne. For eksempel med overdækningen. Omhyggeligheden har simpelthen ikke været i orden."

Iht. artiklen er årsagen fugt og skimmelsvamp af et omfang, der ikke lader sig bekæmpe, og den eneste udvej for at komme problemet til livs er at rive husene ned til grunden og starte forfra. Dette kostede omkring 50 millioner kroner og forårsagede en forsinkelse på et halvt år, som havde store konsekvenser for de beboere, som havde opsagt lejlighed og institutionsplads.

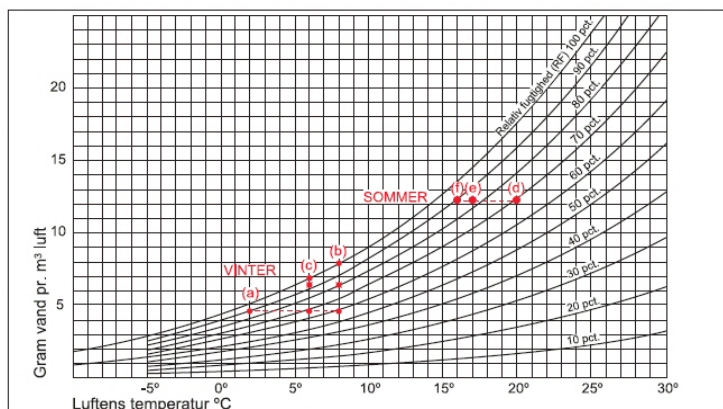
Oplagring af fladelementer på byggepladsen har også givet anledning til skader på lette træelementer. Det er vigtigt, at elementerne er ordentlig dækket af mod nedbør, og at der er ventilation omkring dem, men lige så vigtigt er det, at de ikke ligger tæt på den fugtige jord, som kan foranledige fugt og skimmel, selvom elementerne ikke rører jorden.

#### *Fugt fra krybekælder*

Der har blandt teknikere været stor fokus på fugt fra krybekælder under dæk med fugtfølsomme materialer. Der er mange eksempler på skadelig fugt og skimmelvækst i ældre udgaver af disse krybekælder. Med de øgede krav til isolering vil en eventuel efterisolering nedsætte temperaturen i krybekælderen og dermed øge risikoen for skadelig fugtophobning.

Udeluft om sommeren kan indeholde mere fugt end udeluft om vinteren, selvom den relative luftfugtighed er lavere.

Nedenfor er angivet uddrag fra Byg Erfa blad nr. (19) 09 12 30 vedrørende fugtforholdene i en traditionel krybekælder sommer og vinter:



**Figur 76** Byg Erfa blad nr. (19) 09 12 30 Vanddampdiagram

### *"Krybekælderklima – sommerforhold*

Det antages, at udelufttemperaturen er 20 °C og RF er 70 % (d). På grund af kolde flader i krybekælderens – især bunden – kan luften let afkøles til 17 °C, så RF stiger til cirka 84 % (e). Ved kraftigere isolering af dækket reduceres varmetilførslen til krybekælderens både vinter og sommer – og dermed bunddækkets temperatur fra fx 17 °C til fx 16 °C. RF kan da stige til 90 % (f). Effekten forstærkes af stor termisk inert i bunddækket, så temperaturen på bunddækket kun langsomt stiger efter afkølingen om vinteren. Deraf ses, at små temperaturændringer kan medføre overskridelse af grænsen for skimmelvækst.

### *Krybekælderklima – vinterforhold*

Kraftig isolering af krybekælderens dæk øger RF væsentligt, fx hvis krybekælderens temperaturen reduceres fra 8 °C til 6 °C om vinteren. Vanddampdiagrammet (figur 76) tager udgangspunkt i, at udeluftens temperatur er 2 °C med 90 % RF (a). Hvis krybekælderens opvarmes til 6 eller 8 °C, kan luften ved mætning henholdsvis „bære“ yderligere 2,2 gram vand (b). Dvs. at der skal anvendes cirka 50 % mere ventilationsluft ved 6 °C end ved 8 °C for at fjerne den samme fugtmængde.

Det antages, at der i begge tilfælde afgives 2 gram vand fra kryberummets bund, fundamenter etc. til hver m<sup>3</sup> luft, der passerer krybekælderens. Herved bliver RF cirka 80 % ved 8 °C – men cirka 95 % ved 6 °C. Deraf ses, at øget isolering af krybekælderens dæk uundgåeligt øger RF.

Grænsen for skimmelvækst ligger formodentlig i området 75–85 % RF ved temperaturer på over 5 °C, og den kan således overskrides meget let.”<sup>9</sup>

### **Konklusion:**

Det er helt klart, at fokus på byggerier af den omhandlede art bør være på fugtproblematikken. Nemlig sikring af elementerne mod vand indtil de er færdigmonteret og sikkert dækket ind mod nedbør. Og udførelse af krybekældre, som er sikret mod skadelig fugt, som på sigt kan ødelægge de fugtfølsomme elementer eller være grobund for skadelig skimmelvækst.

## **3.5 Undersøgelse af krybekældre**

### *Den nye generation krybekældre*

De nyere krybekældre er bedre ventilerede og bygningerne er forsynet med en bedre dampspærre og vindspærre. Nogle krybekældre er forsynet med fugtspærre mod terræn. Alligevel bør der være fokus på denne løsning.

I forbindelse med vurderingen af bebyggelserne, er der foretaget en inspektion af enkelte krybekældre, og der er opsat udstyr til måling af temperatur og relativ fugtighed. Det er 4 ud af de 6 bebyggelser, der har krybekælder.

Der er 2 forskellige typer krybekældre, BoKlok anvender randfundament med indsatte riste, og Fonden til Billigere Boliger anvender linjefundamenter på 2 sider og åben ventilation gennem terrassebrædder på begge sider af huset.

### *Vildrose 1 og 2 i Valby*

Inspektionen af krybekælderens under en enkel bolig i Vildrose 1 og 2 er ikke retvisende for hele bebyggelsen. Undersøgelsen viste, at der nogle steder ligger en plastmembran under gruset, men

---

<sup>9</sup> Byg Erfa blad nr. (19) 09 12 30

mange steder er den væk. Der er ingen membran mod jorden ved opgravningerne, der er lavet i forbindelse med installationerne. Installationerne ser ud til at være lavet efter at elementet er monteret.

Vindspærren af mærket Tyvek er fjernet forskellige steder. Ved gennemføring af el kabler er isolering beskadiget. Ved indføring af installationer til elementet er vindspærre fjernet, der mangler isolering, og vandrør ligger direkte eksponeret til udeklimaet.

Ved installationer, der føres fra jorden op under huset, er plastmembranen under gruset løftet op, og der er tydelig kondens mellem plasten og røret. Ved rørindføring i volumenelementets bund er der ikke isoleret. Fugtighed i træet målt med indstiksmåler FM500 og viste 14 % og temperatur og RF måles med HOBO.



Figur 77, 78 opgravning, ingen fugtspærre



Figur 79 delvis fugtspærre under gruset, isolering er defekt



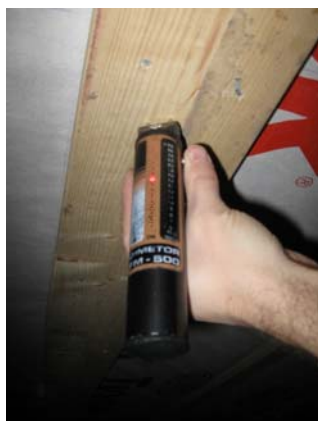
Figur 80 Eksponerede rør under gulv, manglende vindspærre



Figur 81 Membranen under gruset er løftet op, synlig fugt



Figur 82 Eksp. rør mgl. Vindsp.

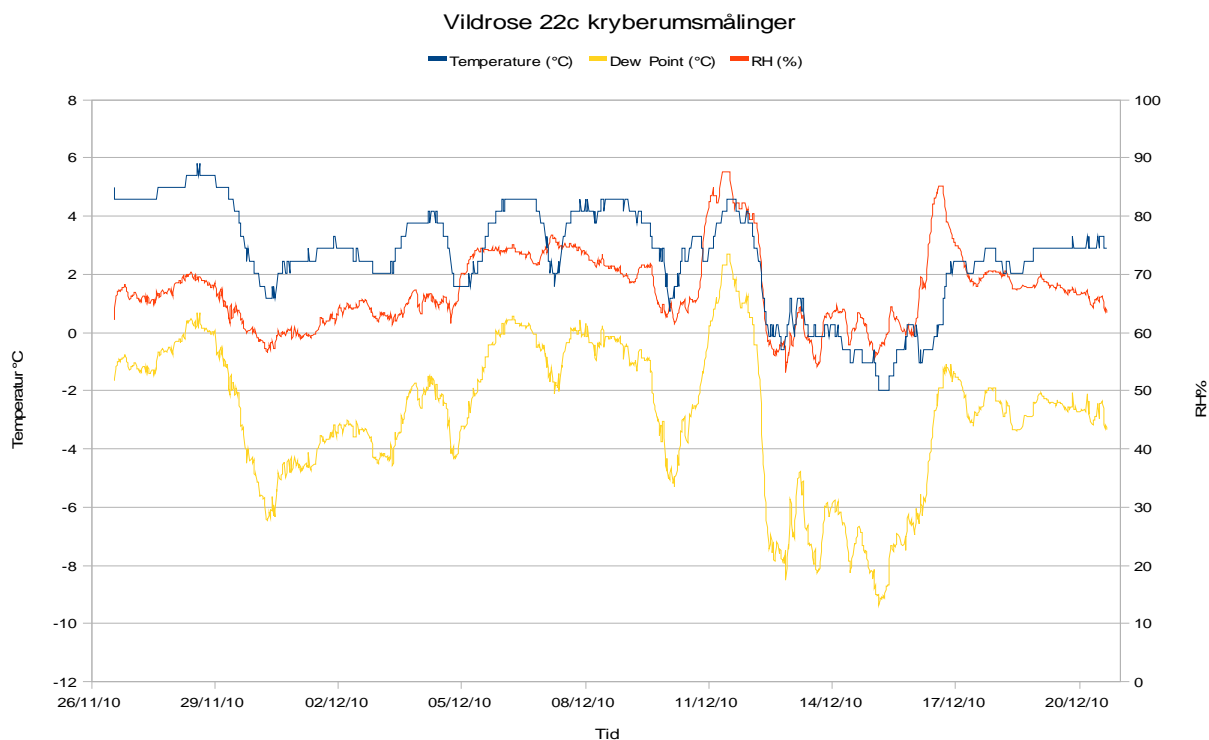


Figur 83 Fugtmåling



Figur 84 HOBO Relativ fugt- og temperaturmåling

Ved rørindføring i volumenelementets bund er der ikke isoleret, ingen vindspærre og vandrør ligger frit eksponeret til udeklimaet. Fugtighed måles med indstiksmåler FM500, og temperatur og RF måles med HOBO.



Graf 1 Temperatur og relativ fugtighed i krybekælder Vildrose 1 og 2.

### Ullerød

Inspektionen af krybekælderen under en enkel bolig i Ullerød er ikke retvisende for hele bebyggelsen.

Der er udført en kasse af isolering omkring rørforbindelser. Der er opsat vindspærre af mærket Iso-ver. Der er opsat fastholdt pladeisolering under vådrum uden vindspærre. Der er ikke fundet fugtmembran på terræn og der er ikke isoleret på terræn.

Fugtighed i træet målt med indstiksmåler FM500 og viste 20 %, og temperatur og RF måles med HOBO. Resultater foreligger kun for en meget kort periode og er derfor kun indikative.



Figur 85 Isolering omkring rørforbindelser



Figur 86 Vindspærre



Figur 87 Fastholdt pladeisolering under vådrum



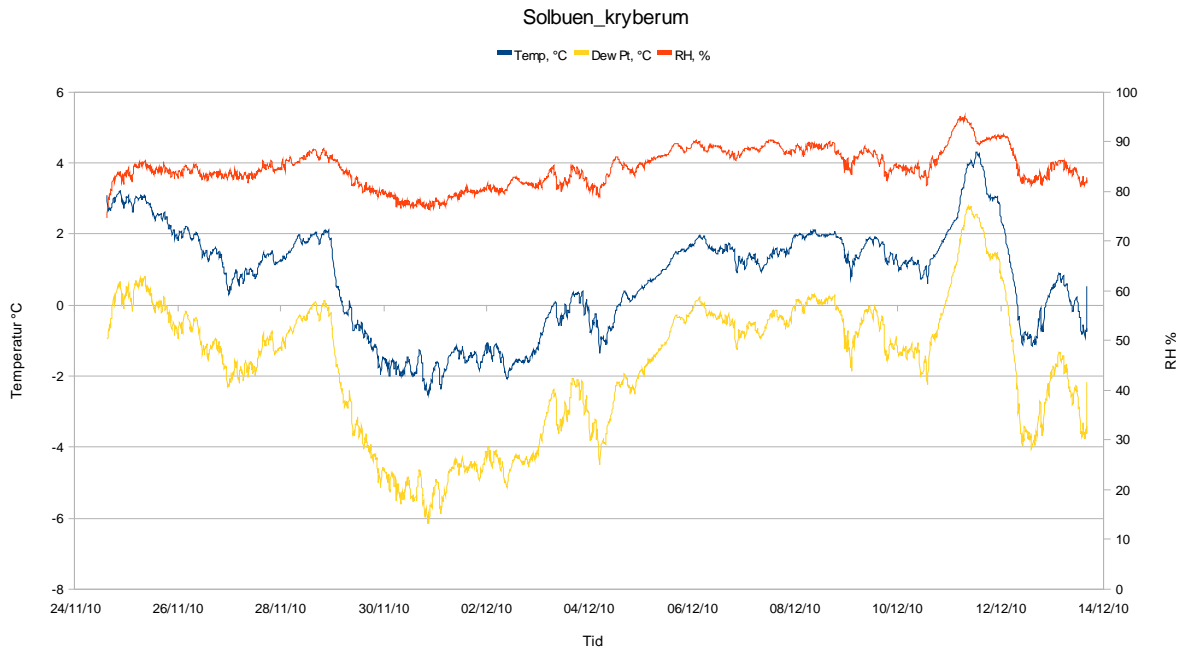
Figur 88 Opsat HOBO



Figur 89 Fugtmåler viser 20 % fugt, Træet er misfarvet

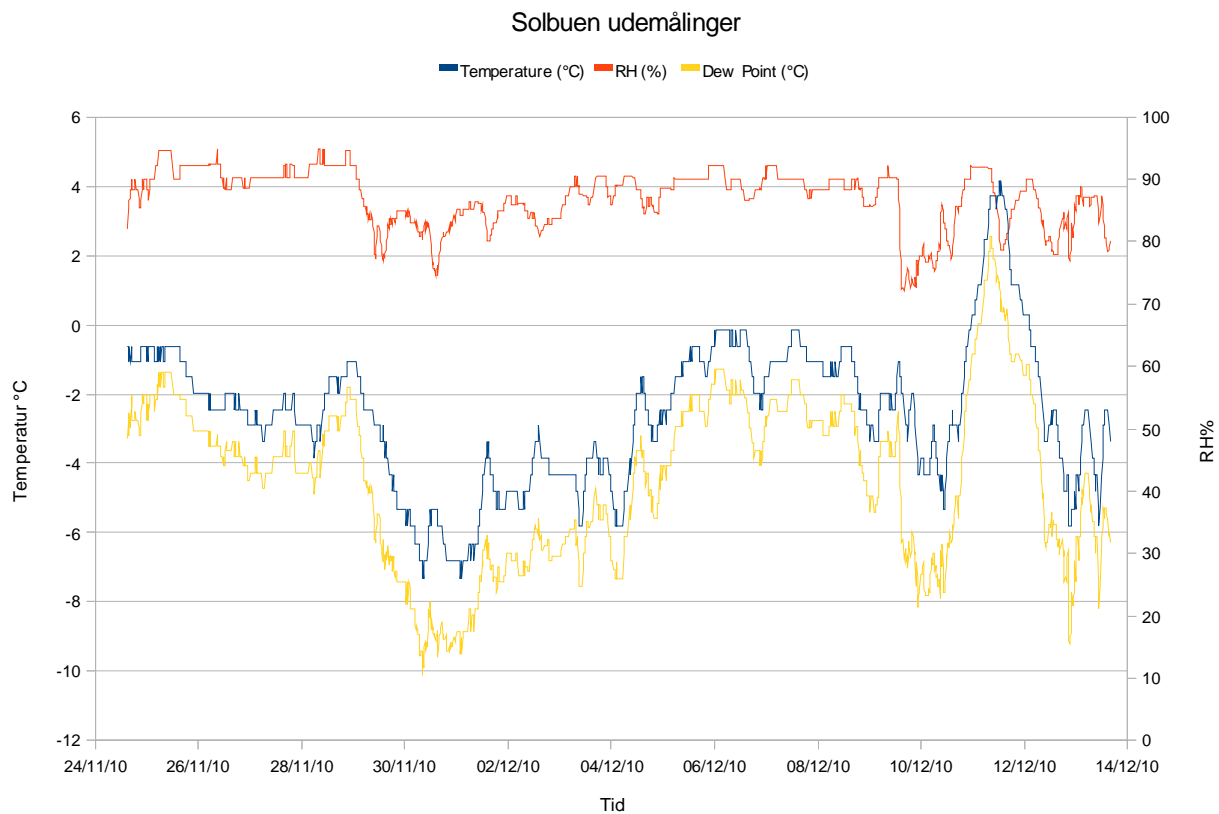


Figur 90 Der er ikke lagt membran på jorden



Graf 2 Temperatur og relativ fugtighed i krybekælder Solbuen, Ullerød.





Graf 3 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger Solbuen, Ullerød.

### SophienborgBo i Hillerød

Inspektionen af krybekældereren under en enkel bolig er ikke retvisende for hele bebyggelsen. Krybekældereren er et randfundament med ventilationsriste. Der er ikke adgang til krybekældereren. Det har således ikke været muligt at måle fugt med indstiksmåler eller udføre visuel inspektion. Terrassebrædder fungerer som ventilationsrist og leder luft til ristene i fundamentet. Temperatur og RF måles med HOBO. Resultater foreligger kun for en meget kort periode og er derfor kun indikative.



Figur 91 Ventilationsrist i fundament



Figur 92 Terrassebrædder fungerer som ventilationsrist



Figur 93 Ventilationsåbning i sokkel u. terrasse



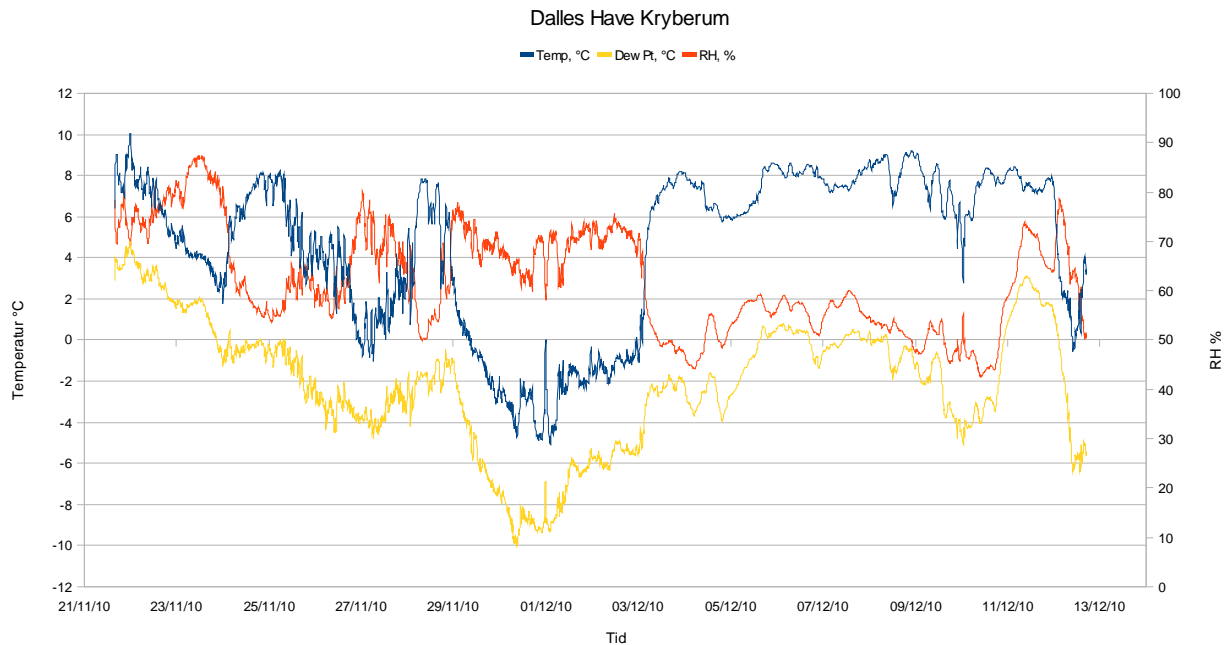
Figur 94 HOBO monteres på pind.



Figur 95 HOBO føres ind under kassetten



Figur 96 HOBO er monteret under kassette



Graf 4 Temperatur og relativ fugtighed i krybekælder SophienborgBo

### SøndergårdBo i Måløv

Inspektionen af krybekælderen under en enkel bolig er ikke retvisende for hele bebyggelsen. Der er adgang til krybekælderen gennem lem i soklen. Der er udlagt fugtspærre og 100mm polystyrenisolering på jord. Der er opsat 100mm polystyren på sokler. På soklen under jorden er der opsat mineralulds pladebatts. Der er åben forbindelse mellem krybekældrene under huset. Når isoleringspladen på jorden fjernes, ses tydeligt kondenserende vand under fugtmembranen. Fugtighed i træet måles med indstiksmåler FM500 og viste 12 %, og temperatur og RF måles med HOBO. Resultater foreligger kun for en meget kort periode og er derfor kun indikative.

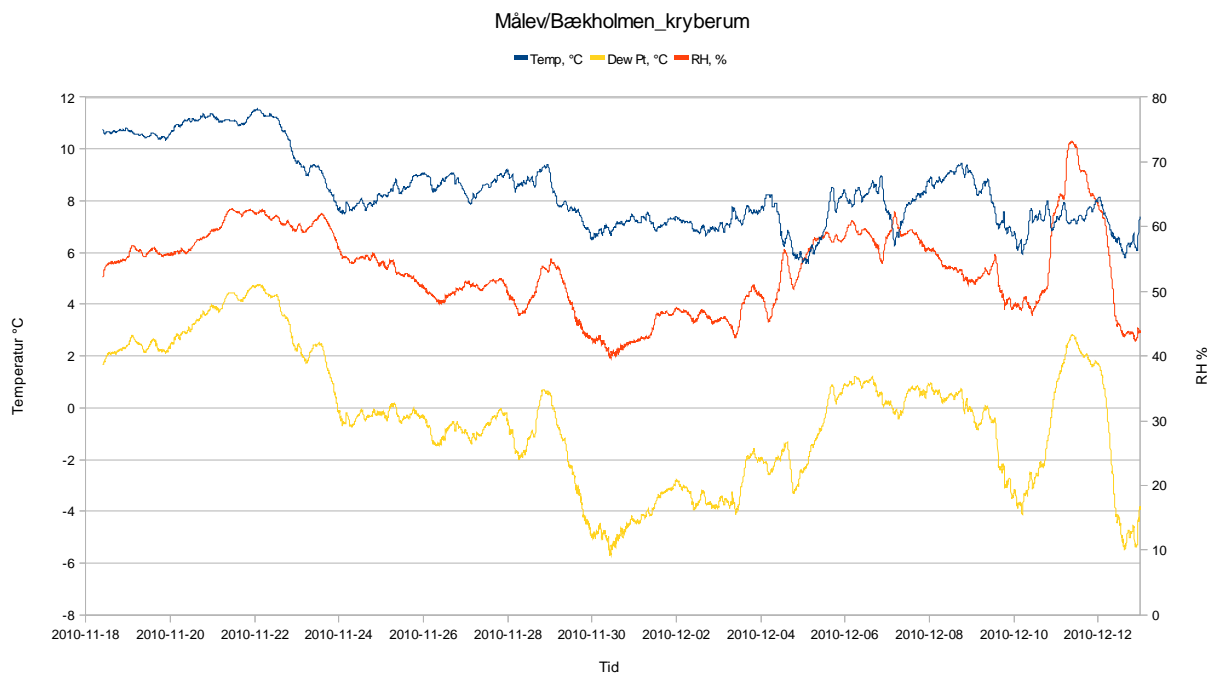


Figur 97,98, 99 Lem til krybekælder 100mm polystyrenisolering på jord og fundamenter. Åbning i fundament til næste bolig. Ophængt HOBO.



Figur 100 polystyrenisolering på og terrænbatte Figur 101 fugtmembran u. isolering

Figur 102 fugtmåling



Graf 5 Temperatur og relativ fugtighed i krybekælder SøndergårdBo, Måløv.

Nedenstående figur er en oversigt over maksimum og minimum målinger af temperaturer og relativ fugtighed i en kortere periode i november/december 2010.

	Temperatur °C		RH %		Dugpunkt °C	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
SopienborgBo	10.1	-5.1	87.4	42.4	4.8	-10.1
Vildrose	5.4	-2.0	87.7	53.2	2.7	-9.0
Solbuen	4.3	-2.5	95.1	74.6	2.8	-6.1
SøndergårdBo	11.5	5.6	73.3	39.6	4.8	-5.7

Tabel 1 visende målinger af temperatur og relativ fugt i krybekældre i perioden 18-11-2010 til 12-12-2010

	Temperatur °C		RH %		Dugpunkt °C	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
SophienborgBo	5.0	-7.3	91.8	70.2	3.4	-10.4
Vildrose	4.2	-7.9	94.5	59.7	2.1	-11.2
Solbuen	3.7	-7.3	94.7	72.1	2.1	-9.9
SøndergårdBo	4.6	-8.9	100.0	58.8	3.9	-12.0

**Tabel 2 visende målinger af udvendig temperatur og relativ fugt i bebyggelserne i perioden 18-11-2010 til 12-12-2010**

Der er målt over en kort periode, så målingerne er kun indikative og bør følges op af målinger over et år. Det fremgår, at minimumstemperaturen i SøndergårdBo, som har en isoleret krybekælder, er ca. 10 grader højere end SophienborgBo uden isolering. Tilsvarende er den maksimale relative luftfugtighed oppe på 87,36 % i SophienborgBo, hvor den i SøndergårdBo er nede på 73,26 %. Den høje relative fugtighed i Ullerød sammenholdt med fugtmåling i træ på 20 % foretaget med indstiksmålere bør undersøges nærmere.

### **Samlet konklusion på krybekældrene**

Sammenfattende kan man ud af de fire bebyggelser, hvor der kun var adgang til de tre krybekældre, konkludere, at løsningen i Måløv fremstår som den absolut mest overbevisende. Der er en måling af fugt i træet på 12 %, som må anses at være normalt fugtindhold i udendørs træ i november måned. Løsningen med anvendelse af fugtspærre og isolering mod terræn og mod sokkel virker gunstigt, både på den relative fugtighed i krybekælderen og på varmetabet fra soklen. Denne løsning virker også robust, når man efterfølgende besigtiger krybekælderen.

Løsningen i Ullerød er tilsyneladende problematisk, når der kan måles fugt på 20 % i træ på undersiden af elementet. Årsagerne til denne høje fugtprocent kan være flere. Det tilsyneladende fravær af en effektiv fugtspærre mod terræn kan være en af de mulige årsager. Det er også foruroligende, at der er misfarvning af træet, som kunne indikere begyndende skimmelsvampevækst. Der bør foretages yderligere målinger for at fastlægge om der er et fugtmæssigt problem.

Den undersøgte krybekælder i Vildrose 1-2 er oprindeligt udført med en fugtspærre mod terræn, men store dele er fjernet i forbindelse med udførelse af installationer, og dermed er virkningen ikke intakt.

Vindspærren er fjernet forskellige steder. Dette forringer elementets varmeisoleringssevne. Ved gennemføring af el kabler er isolering beskadiget eller mangler delvist, og vandrør ligger eksponeret for udeklimaet bl.a. med risiko for frostskafer. Den målte træfugtighed på 14 % er ikke alarmerende, men der bør foretages flere målinger.

Det er ikke hensigtsmæssigt, at konstruktionen efterlades i denne tilstand. Der bør foretages undersøgelser af flere krybekældre i bebyggelsen for at fastslå omfanget.

## 4.0 Konklusion

Som en konklusion på denne rapport er der dels angivet nogle fordele ved de lette præfabrikerede boliger og dels nogle ulemper og fokuspunkter som der bør ses på i det videre arbejde med boligbyggerier med præfabrikerede lette flade- og volumenelementer.

### 4.1 Fordele ved de lette præfabrikerede boligbyggerier

Sammenlignet med traditionelt boligbyggeri er der en række fordele ved at anvende præfabrikerede elementer i boligbyggeri:

1. *Konstruktionen med samarbejdet mellem investor og entreprenør/udvikler gør, at der er mulighed for, at indhøstede erfaringer fra et byggeri anvendes i det næste og på den måde udvikles byggerierne til gavn for kvaliteten.*

Dette er tilfældet i BoKlok byggerierne, hvor Skanska er entreprenør/udvikler, og hvor Ikea og Skanska i BoKlok tilsammen er investorer. Det er også tilfældet med Aicon og De Forenede Ejendoms-selskaber. Forholdet forekommer ikke helt så klart mellem ONV og Fonden for Billige Boliger, men der har dog været et langt og vedvarende udviklingssamarbejde af konceptet.

2. *Stordriftsfordele ved byggeriets volumen, fordi der er mange huse*

Der er forskel på antallet af boliger, som de tre aktører indtil nu har bygget. BoKlok har i alt udført 147 boliger, Bedre billigere boliger har udført 305 boliger, og Fonden for Billige Boliger har udført 128 boliger.

På trods af det relative lille marked og de skiftende konjunkturer er alle tre aktører enten i gang med nye bebyggelser eller har planer for det.

3. *Den korte byggeperiode giver en besparelse, fordi man ikke skal finansiere over så lang tid.*

Parallelløbet mellem at byggemodningsarbejdet udføres samtidigt med udførelsen af de præfabrikerede lette elementer, og at monterings – og apteringsperioden er kort, giver en kort opførelsesperiode.

4. *Ved byggeri med præfabrikerede elementer går færre ting galt på en fabrik end på en byggeplads.*

Dette er ikke dokumenteret her, men den certificerede produktion på en fabrik forventes, alt andet lige, at forløbe mere smidigt og rutinemæssigt, end arbejdet på byggepladsen hvor der oftere opstår uforudsete hændelser.

5. *Ingen eller lille spildtid på grund af vind og vejr*

Særligt ved anvendelsen af volumenelementer kan vejrligsdagene reduceres. Det gør det nemmere at holde tidsplaner og sikre planlægningen af arbejdet, og det gør f.eks. fastlæggelsen af indflyttingsdatoen ved udlejning og salg af boligerne mere sikker.

6. *Høj finishkvalitet og færre fejl*

Det logistiske flow i seriefremstillingen og opførelsesrutinen fremmer kvaliteten både på fabrikken, og på byggepladsen.

### 4.2 Ulemper og fokusområder ved de lette præfabrikerede boligbyggerier

På trods af at de 6 bebyggelser alle anvender præfabrikerede lette elementer er de på nogle områder væsentligt forskellige.

Særligt forskellen på om der er anvendt fladeelementer eller volumenelementer opdeler bebyggelserne i to grupper.

Anvendelsen af fladeelementer giver mulighed for bredere rum og anvendelsen af et traditionelt terrændæk, men giver samtidigt mere samlearbejde af de fugtfølsomme fladeelementer på byggepladsen og dermed større risiko for vandskader.

Anvendelsen af volumenelementer er underlagt en maksimum bredde på rummene på 4,2-4,5 m og kræver, at der etableres en krybekælder, bl.a. til montering af installationer. Volumenelementerne udgør en højere grad af præfabrikation og er ofte bedre beskyttede mod nedbør.

Kravene i det danske bygningsreglement om niveaufri adgang har forårsaget, at volumenelementerne er sænket ned i terrænet, eller at terrænet er hævet. Dette giver nogle udfordringer med at holde de fugtfølsomme lette elementer fri af fugtpåvirkninger fra terrænet.

Undersøgelsen afdækker en række fokusområder, der bør tages yderligere hånd om, når der bygges boliger med lette præfabrikerede elementer.

### **Fokusområde 1**

*Krybekældre skal være robuste og bør fugtsikres og der bør udvikles bedre koblingsmetoder af installationer til lette volumenelementer. Der bør udføres fugtmembran på terræn. Hvis vand trænger ind ved oversvømmelse eller via utætte rør, skal vandet kunne drænes bort med drænrør eller lignende. Effekten af at isolere krybekælderen bør undersøges nærmere. Fugtmembran på terræn skal udføres robust, så den ikke kan beskadiges under og efter færdiggørelsen af husene.*

De indikative målinger i BoKlok bebyggelsen i Måløv viser, at temperaturen i krybekælderen er ca. 10 grader højere end i krybekælderen i BoKlok bebyggelsen i Hillerød. Dette kan betyde, at der vil være et mindre varmetab fra boligerne i Måløv, under forudsætning af at der er den samme ventilation, isolering og tæthedsgrad de to steder. Dette er interessant og bør undersøges nærmere, med henblik på at finde frem til den mest hensigtsmæssige form for krybekælder.

I Fonden for Billige Boligers byggerier er krybekælderen udformet, så den, dækket af terrassebrædder, strækker sig ca. 2,4 m ud på hver side af bygningen. Der er således fri adgang for nedbør til krybekælderen. Selvom den udarbejdede løsning sørger for ventilation af krybekældrene, er der indikationer af, at der er et kritisk højt fugtniveau i krybekælderen i Ullerødbebyggelsen.

Der skal udvikles robuste løsninger, så membranen ikke ødelægges ved gravning, gennembrydning med rør eller færdsel i krybekælderen. Undersøgelsen giver et eksempel på en krybekælder, hvor udførelsen af installationer i jord og tilslutning af installationer har ødelagt fugtsikring mod jord og vindspærre og isolering under volumenelementer (afsnit "undersøgelse af krybekældre"). Dette bør undersøges nøjere og udbedres.

Der bør foretages en måling af fugt og temperaturer over en periode på et år i alle de 6 krybekældre for nærmere at få fastlagt forholdene i krybekældrene og på den måde finde frem til den form for krybekælder der fungerer bedst. Ikke kun set fra et fugtteknisk, men også fra et varmetabsmæssigt synspunkt.

### **Fokusområde 2**

*Der bør ikke være entreprisegrænse mellem elementleverandøren og montøren af elementerne på byggepladsen. Risiko for vandskader under montering af lette elementer er for stor. Ved anvendelse af fladeelementer bør der udvikles "regnfrakker", eller "kapper" til elementerne som kan anvendes sammen med kranmontering. Det bør være ansvarspådragende, at fugtfølsomme elementer udsættes for vand. Selvom de ofte kan tørres, er risikoen for stor.*

Det er vigtigt for bebyggelsernes levetid, at der ikke forekommer skadelig opfugtning af de fugtfølsomme elementer. Der har været en række sager, hvor det er gået galt. Også ved et af de her omhandlede byggerier, Bedre billigere boligers bebyggelse i Kvistgård gik det galt. Tagelementer eller volumenelementer, der fra fabrikken leveres med et lag tagpap, er set fra et fugtteknisk synspunkt at foretrække, så der kun resterer at påklæbe en strimmel tagpap over samlingerne, før der er opnået tæthed.

Oplagring af fladeelementer på byggepladsen har også tidligere givet anledning til skader på lette træelementer. Det er vigtigt, at elementerne er ordentlig dækket af mod nedbør, og at der er ventilation omkring dem, men lige så vigtigt er det, at de ikke ligger tæt på den fugtige jord, som kan foranledige fugt og skimmel, selvom elementerne ikke rører jorden.

Samlingen mellem fladeelementerne ved montering er en gammel problematik, som branchen hævder at have løst, men som er et risikoområde, der skal være stor fokus på under monteringen. Tætheden af samlingen af dampspærren mellem elementerne løses på forskellig måde. Tåsinge træ har udviklet en tætningsliste, som er sat på siden af tagelementet, og som skal sikre damp-tætheden. Andre har flapper stikkende ud, som skal sammenføjes under monteringen. Det ser nemt ud, når der er frit under elementet, men, når der er bjælker og bærende vægge i vejen, er det sværere og kræver omhyggelighed.

Der bør derfor være ekstraordinært stor fokus på transport, oplagring og montering af flade- og volumenelementerne, og der bør ikke være entreprisereskel mellem leverandør og montør, før indbygning og elementernes vandtæthed er sikret. Dette er allerede tilfældet for de omhandlede volumenelement leverandører og nogle fladeelement leverandører, men ikke for alle.

### **Fokusområde 3**

*Træbeklædningerne kræver hyppig vedligeholdelse, f.eks. malede facader af træ, som kræver overfladebehandling hvert 5-6 år. Bedre overflader/behandlinger bør udvikles/ anvendes.*

Det er ikke rimeligt, at vi i 2011 skal overfladebehandle vores bolig hvert 5-6 år. Bebyggelser i 3-4 etager kræver opsætning af stillads og gør malervedligeholdelsen til en bekostelig affære. Der bør udvikles/ anvendes bedre overfladebehandlinger ved opførelsen af denne form for bebyggelser, eller det bør overvejes at anvende andre materialer, som f.eks. det er tilfældet med den forpatinerede sinus zinkplade i Bedre billigere boliger bebyggelsen i Ølby. Ved udviklingen af billige boliger bør der ikke kun være fokus på udgiften til opførelsen af boligerne, der bør også fokuseres på driftsudgifterne.

## 5 Bilag

Bilag 1:

Graf 6 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger – Målev/Bækholmen 17

Graf 7 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger – Vildrose 22c

Graf 8 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger – Dalles Have



## 6 Referencer

### Figurer:

3,5, 33, 37,38,39,50,53,62,66,69,70 Foto: S.P. Bjarløv

54,55,56 Tegning fra byggeandragende Aicon A/S

4,31,32 Foto: Vandkunsten A/S hjemmeside

47,57,58,59,71 Tegning fra byggeandragende Vandkunsten A/S

1,2,34,35,36,40,41,42,43,44,45,46 Foto: BoKlok hjemmeside

48,49,50,51,52 Tegning fra byggeandragende og Skanska, BoKlok

60,61,68 Projekttegning Kodumaja, Estland

6 Foto: ONV arkitekter A/S hjemmeside

10,63,64,65,67 Projekttegninger ONV arkitekter A/S og Kodumaja, Estland

7,8,9 Foto: BoKlok hjemmeside

11,77,78,79,80,81,82,83,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102 Foto: Martin Petersen, bachelor studerende DTU

12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23 Foto: Kodumaja hjemmeside

24,25,26,27,28,29,30 Foto: Tåsinge Træ A/S hjemmeside

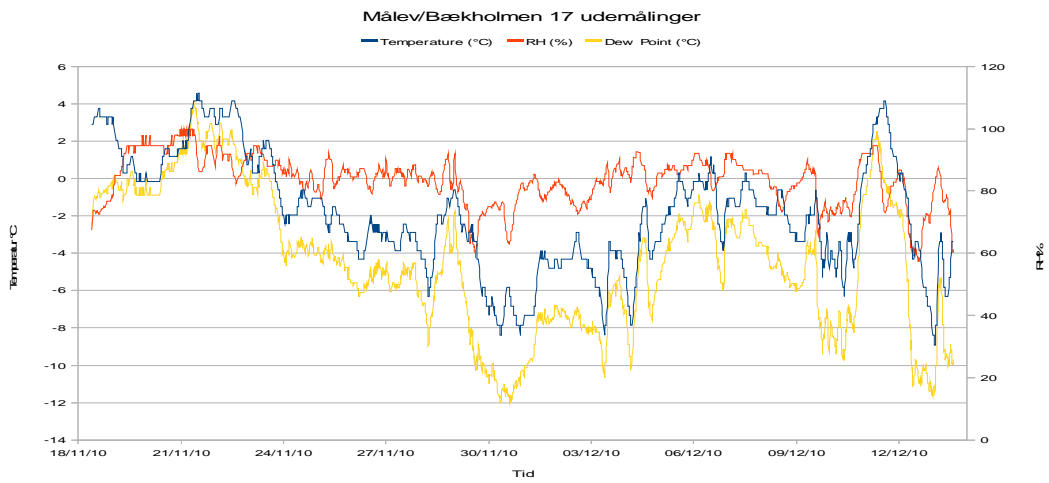
72,73,74,75 Peter Weitzmann, COWI

76 Byg Erfa

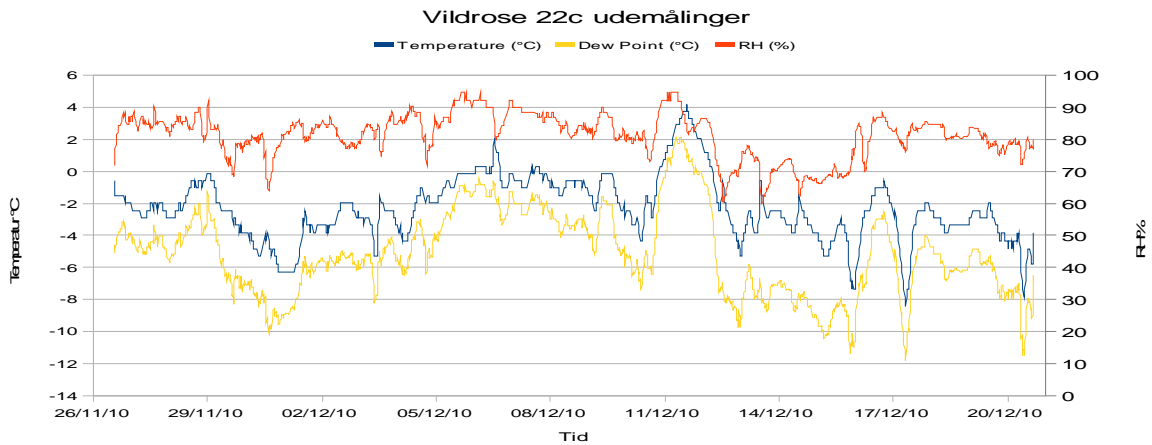
### Grafer:

Graf 1,2,3,4,5 Martin Petersen, bachelor studerende DTU

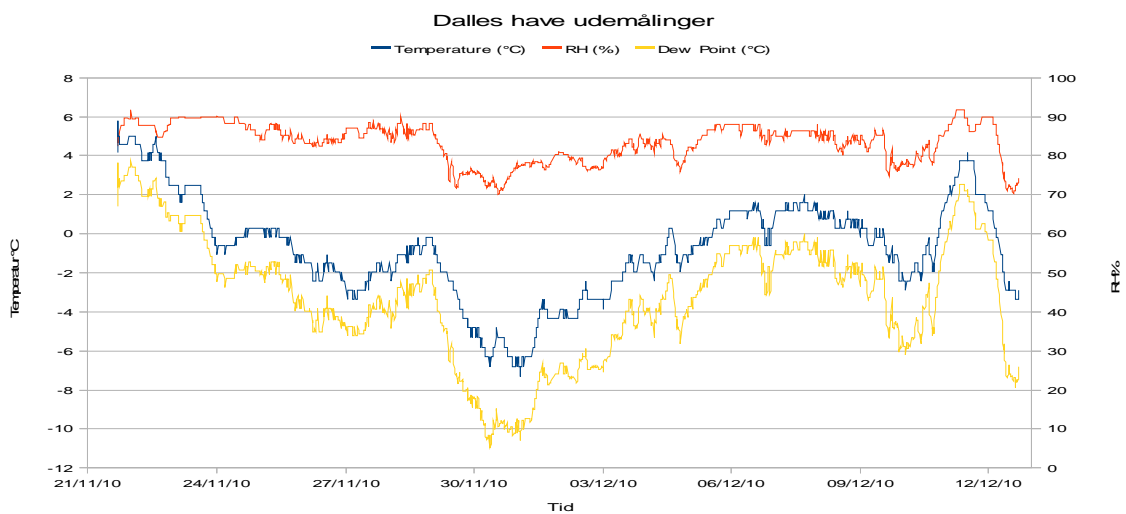
# Bilag 1



Graf 6 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger – Målev/Bækholmen 17



Graf 7 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger – Vildrose 22c



Graf 8 Temperatur og relativ fugtighed ved udemålinger – Dalles Have