

## Notat

**Galgebakken**  
2620 Albertslund

Sag nr.: KON145-N006B  
Dato: 2020-02-11

### Vedr.: Ny gulvkonstruktion med gulvvarme, rev. B

#### 1. Baggrund

Efter aftale med Birgitte Kelding Hansen fra Nova5 arkitekter er Bunch Bygningsfysik blevet bedt om at udarbejde en fugtteknisk vurdering af de nye renoveringstiltag for krybekældrene i Galgebakken. Renoveringstiltagene for krybekældrene udføres som en del af den gennemgribende renovering af klimaskærm og tekniske installationer, samt etablering af mekanisk ventilation, der skal udføres i Galgebakken.

Renoveringstiltagene er ændret som følge af ekstern granskning udført af EKAS Rådgivende Ingeniører A/S, beskrevet i Granskningsrapport fra 23-04-2019, særligt bilag 8. Efterfølgende er tegningsgrundlaget detailprojekteret, hvilket har givet anledning til at revidere den tidligere fugttekniske vurdering.

Rev. B: Revision B indeholder reviderede simuleringer, som følge af et revideret tegningsæt, og derfor også en revideret fugtteknisk vurdering.

Derudover er der udarbejdet supplerende simuleringer med efterisolering af undersiden på betondækket mod krybekælderen.

Der er i sagen fremsendt:

Granskningsrapport inkl. bilag fra EKAS		23-04-2019
Tegning 13-01	Let facade ved sokkel, NOVA5	20-01-2020
Tegning 13-04	Tung facade ved sokkel, NOVA5	20-01-2020
Rapport R190609-2	Måling af fugtindhold i beton, Jørgen Nielsen	07-11-2019
Notat	Bemærkninger til oplæg til renovering af krybekældre i Galgebakken, Albertslund kommune	07-01-2020

## 2. Konstruktioner

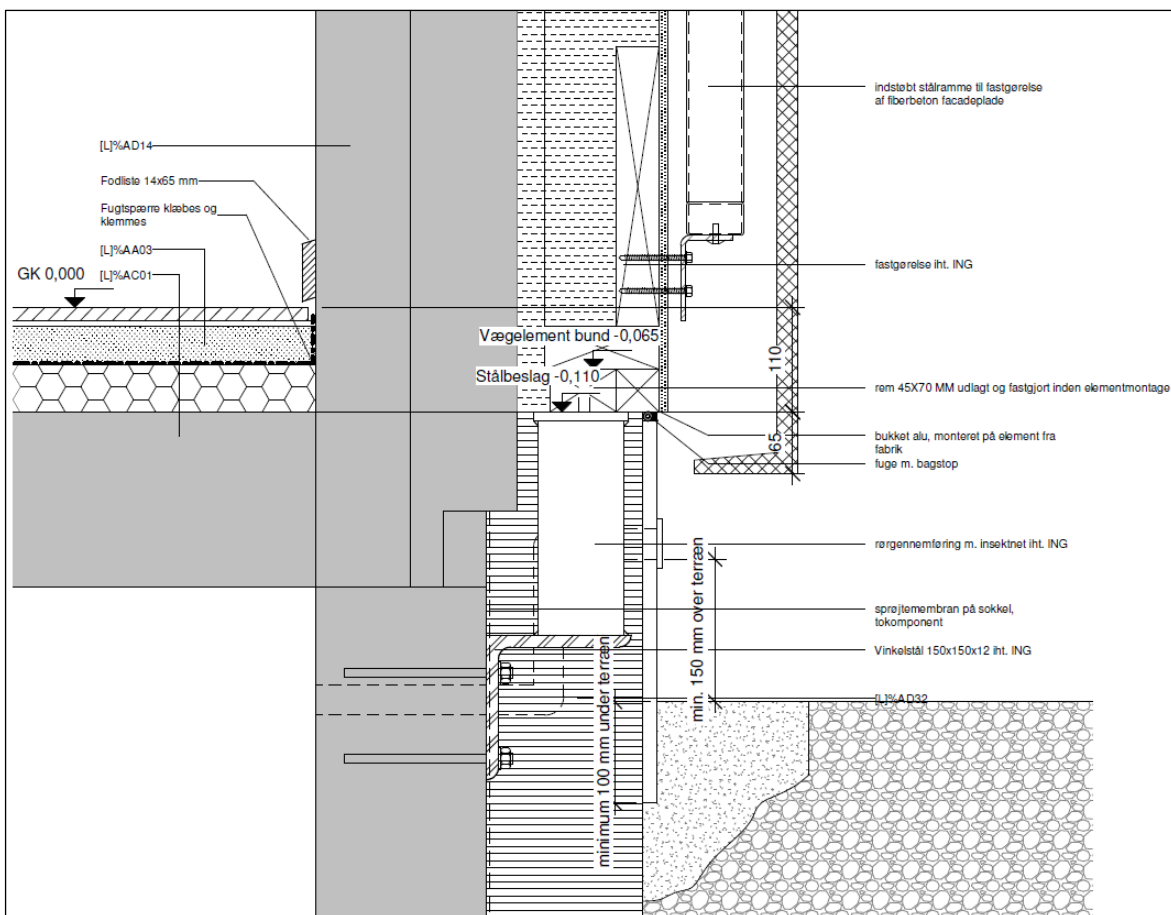
Ifølge fremsendte tegningsmateriale renoveres facader og krybekælderdek i Galgebakken som nedenstående.

### 2.1 Tung facade

Ventileret regnskærm af fiberbeton, ny  
9 mm vindspærre, ny  
150 mm træskelet med mineraluld kl. 37, ny  
62 mm forstøbning (armeret beton), eksisterende  
50 mm isolering, eksisterende  
100 mm bagstøbning (armeret beton), eksisterende

Sokkel:

Sokkelplade, ny  
125 mm sokkelisolering, mindst 400 mm under terræn, ny  
Membran, ny  
180 mm betonfundament, eksisterende



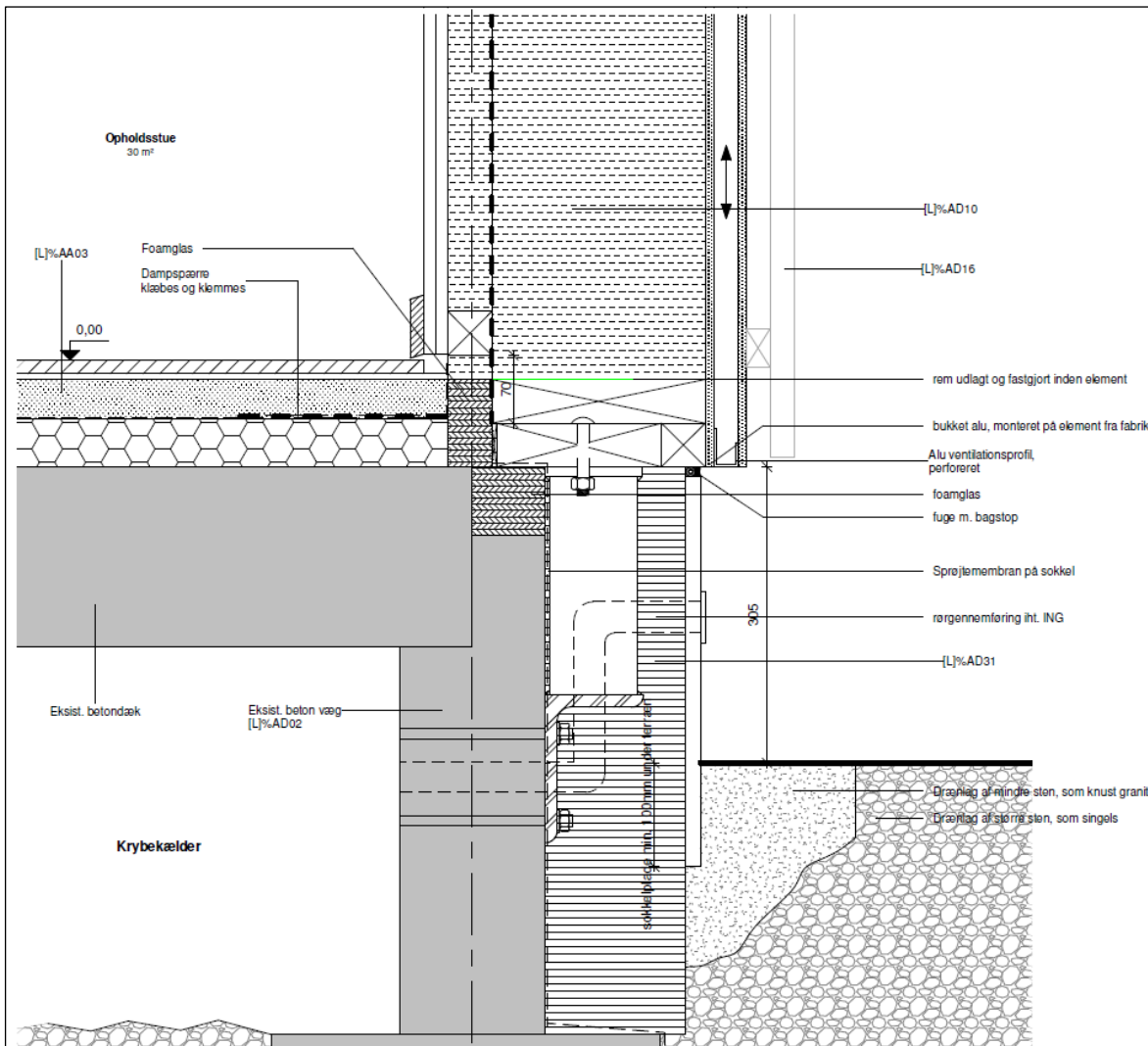
Figur 1: Udsnit af tegning 13-04. Tung facade ved sokkel.

## 2.2 Let facade – nye elementer

8 mm facadebeklædning  
25 mm ventileret hulrum  
9 mm vindspærre  
45x220 mm træskelet med mineraluld kl. 37  
Dampspærre af PE-folie  
45x45 mm forskalling med mineraluld kl. 37  
2 lag 13 mm gips

Sokkel:

Sokkelplade, ny  
145 mm sokkelisolering, mindst 400 mm under terræn, ny  
Membran, ny  
150 mm betonfundament, eksisterende



Figur 2: Udsnit af tegning 13.01. Let facade ved sokkel.

### 2.3 Krybekælderdek

20 mm bølgeparket eller flisebelægning, ny  
Trinlydsdæmpning, ny  
40 mm afretningslag med gulvvarmeslanger pr. 300 mm, ny  
SBS baseret gulvmembran, som Phønix PTM gulvmembran, ny  
50 mm EPS beton, ny  
185 mm betonelement, eksisterende

Krybekælderens er udført med en højde på 400-1200 mm  
Jord/grus i bunden af krybekældrene

### 2.4 Krybekælderdek med efterisolering på underside af betondek

20 mm bølgeparket eller flisebelægning, ny  
Trinlydsdæmpning, ny  
90 mm afretningslag med gulvvarmeslanger pr. 300 mm, ny  
SBS baseret gulvmembran, som Phønix PTM gulvmembran, ny  
185 mm betonelement, eksisterende

### **3. Tekniske installationer**

#### 3.1 Varmetilskud fra installationer

Eksisterende tekniske installationer i krybekælderen fjernes.  
Der udføres nye installationer i jorden uden for bygningerne.  
Der forudsættes derfor ikke noget varmetilskud fra installationer i krybekælderen.

#### 3.2 Bortledning af overfladevand

Der etableres fald væk fra bygningerne på terræn og belægninger iht. SBI-anvisning 224.  
Der udføres omfangsdræn omkring alle krybekælderydervægge.

### **4. Eksisterende skimmelsvamp i krybekældre**

Ifølge rekvirenten er der tidligere konstateret forhøjede niveauer af skimmelsvamp i flere af krybekældrene. Der er ligeledes konstateret blankt vand i flere krybekældre gennem tiden.

På denne baggrund forudsættes der at være risiko for negativ påvirkning af indeklimaet fra eksisterende skimmelsvamp i krybekældrene. Renovering af krybekældrene indebærer derfor håndtering af denne risiko.

### **5. Opstigende grundfugt**

Ifølge rekvirenten er der ikke udført vandret fugtspærre under ydervægge eller indervægge i de eksisterende konstruktioner i Galgebakken.  
I fremsendte rapport med fugtmåling i betonsokler er der konstateret opstigende fugt i de eksisterende sokler. Der udføres derfor tiltag med fugtsikring, isolering, etablering af omfangsdræn og ændring af fald på terræn for at reducere fugtbelastningen på soklerne.

## 6. Fugtteknisk simulering

### 6.1 Metode

Med simuleringsprogrammet Heat2 fra Blocon simuleres den todimensionelle varmestrøm og tilhørende temperaturprofil gennem detaljerne. For vurdering af risikoen for uacceptable fugtniveauer simuleres det stationære temperaturprofil normalt i den mest kritiske måned. I dette tilfælde er simuleringerne også udarbejdet for de øvrige måneder.

Efter renoveringen vurderes byggeriet at ligge i fugtbelastningsklasse 2, svarende til "boliger med normal beboelsestæthed og ventilation" jf. SBI-anvisning 224, idet der udføres ny mekanisk ventilation.

På baggrund af de simulerede temperaturforløb er detaljernes overfladetemperaturer vurderet efter de mest kritiske temperaturer for fugtbelastningsklasse 2 iht. SBI-anvisning 224 (DS/EN 13788:2013).

### 6.2 Inde- og udelima

Indeklima: Månedlige gennemsnitstemperatur iht. tabel 1 og 2. Fugtbelastningsklasse 2.

Udeklima: Månedlige gennemsnitstemperatur iht. tabel 1 og 2.

Jordtemperatur: 10°C i 3,5 meters dybde.

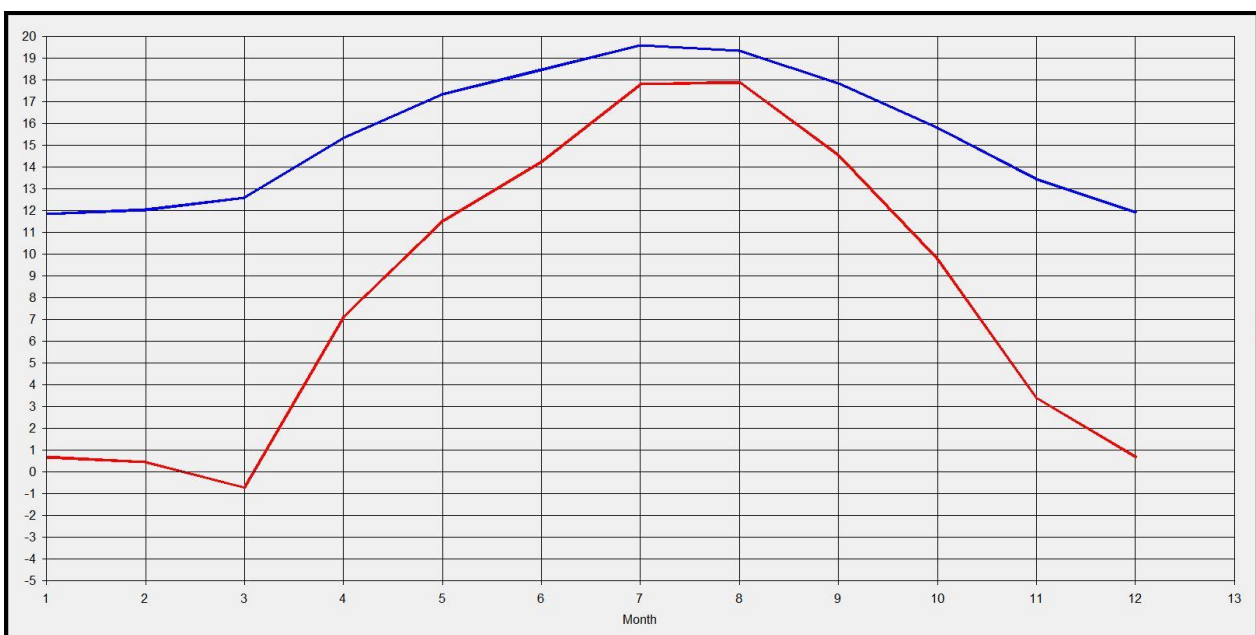
Krybekælder:

På baggrund af simuleringer i beregningsprogrammet BSim, forudsættes temperaturen i krybekælderen iht. nedenstående figur 3.

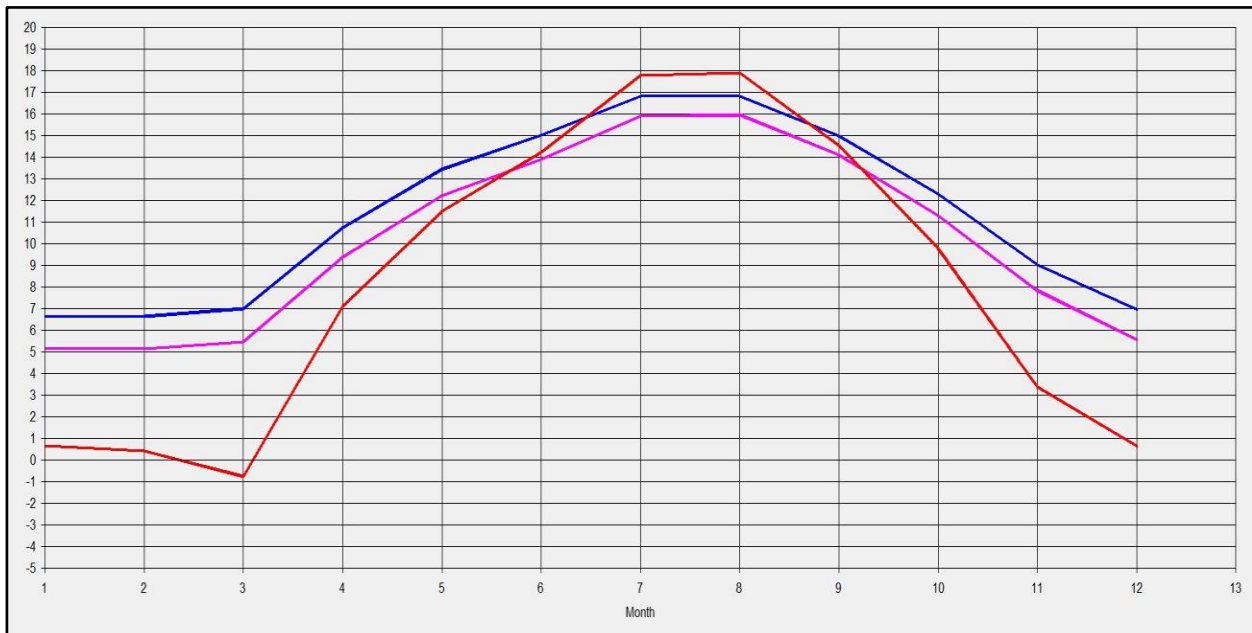
For det efterisolerede krybekælderdek forudsættes temperaturen iht. figur 4.

Der er i den forbindelse antaget et mekanisk luftskifte på 0,5 h<sup>-1</sup> i krybekælderen og temperaturen er beregnet på baggrund af det danske referenceår DRY fra 2013. Der er regnet med udvendig isolering af kældervæggene iht. projektet.

Der regnes ikke med varmepåvirkning fra installationer i krybekælderen, da disse forudsættes at blive flyttet ud af krybekælderen.



Figur 3: Gennemsnitstemperaturer pr. måned i krybekælderen. Rød kurve er temperaturen ude. Blå kurve er temperaturen i krybekælderen med den nye gulvkonstruktion.



Figur 4: Gennemsnitstemperaturer pr. måned i krybekælderen. Rød kurve er temperaturen ude. Blå kurve er temperaturen i krybekælderen med 100 mm efterisolering på undersiden af betondækket. Lyserød kurve er temperaturen i krybekælderen med 200 mm mineraluld på undersiden af betondækket.

### 6.3 Materialer

Følgende materialeparametre er benyttet.

Materiale	Varmeledningsevne [W/mK]	Bemærkninger
Mineraluld, eksist.	0,037	
Mineraluld, ny	0,037	
Beton, indvendig	2,64	1 volumen-% stål
Beton, udvendig	2,76	1 volumen-% stål
Afretningsslag	1,5	2.000 kg/m <sup>3</sup>
EPS beton	0,08	Trykstyrke 500 kPa
Jord	2,30	Fugtig jord (moræne)
Konstruktionstræ	0,15	
Vindspærre	0,34	
Trægulv	0,18	
Gips	0,25	
Polystyren drænplade	0,038	Trykstyrke S80
Celleglas	0,036	
Stålbeslag	55,0	

Overgangsisolanser er iht. DS418

### 6.4 Simuleringsmodel

Modellerne opbygges på baggrund af figur 1 og 2.

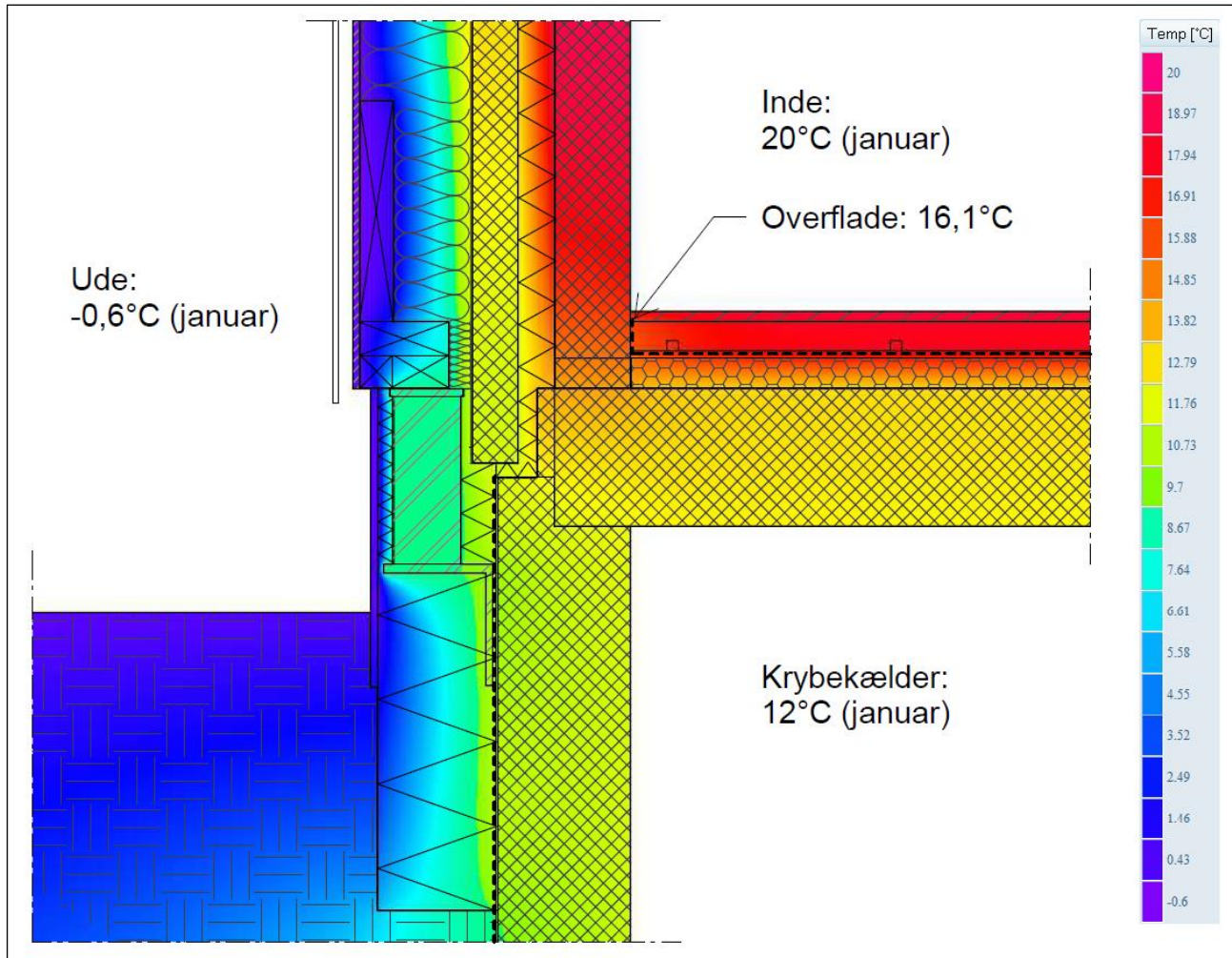
### 6.5 Øvrige forudsætninger

Der regnes uden aktiv gulvvarme, da der kan være perioder, hvor gulvvarmen ikke er i drift, som følge af et reduceret varmetab efter renoveringen.

## 7. Resultater

### 7.1.1 Tung facade – 400 mm sokkelisolering, ny gulvopbygning

Den laveste overfladetemperatur ved samling mellem bagstøbningen på facaden og afretningslaget med gulvvarme ses at være  $16,1^{\circ}\text{C}$  i januar. Gulvvarmen er ikke aktiv. Resultater for de øvrige måneder kan ses af tabel 1.



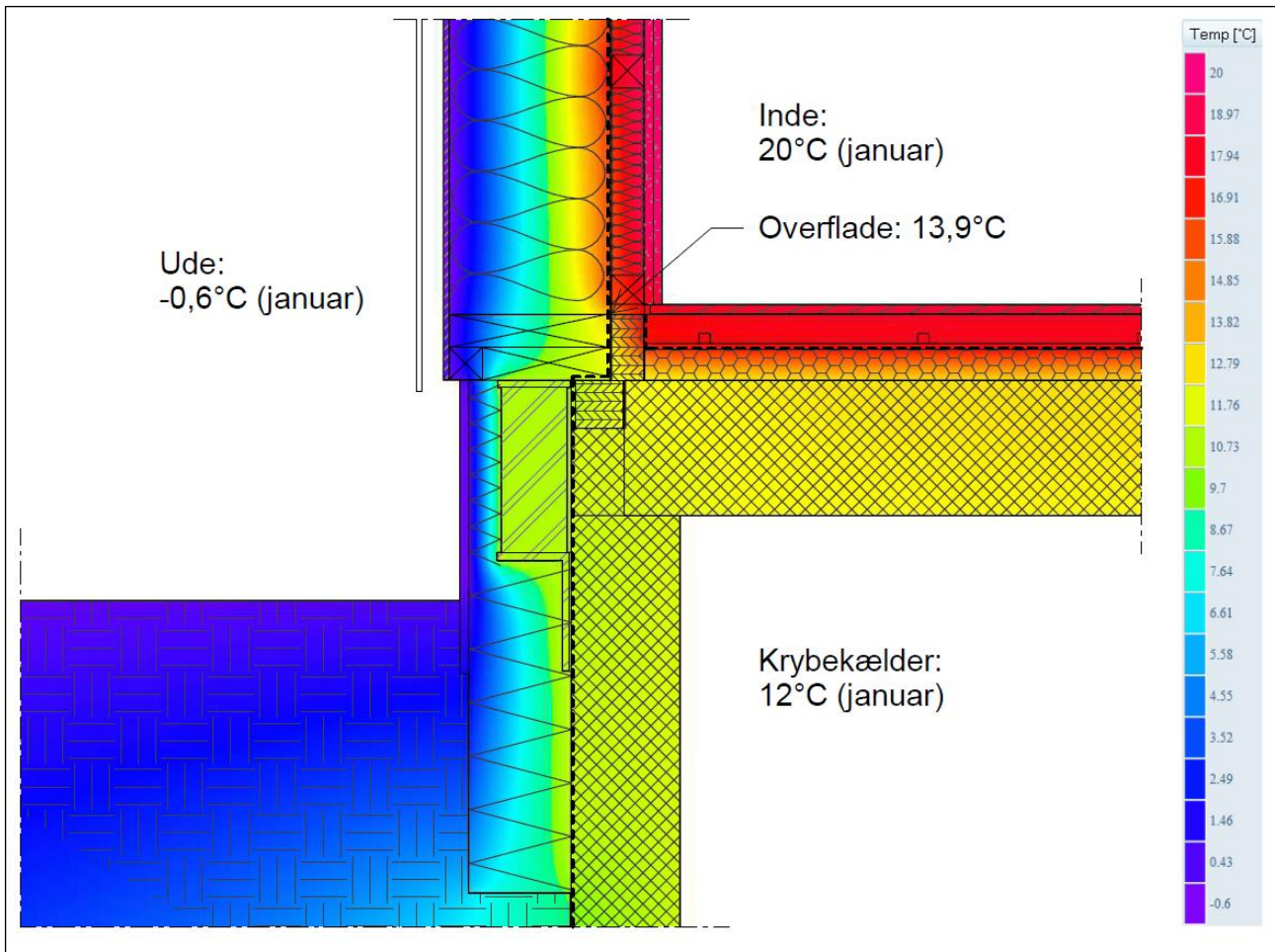
Figur 5: Stationært temperaturprofil ved renoverede tunge facader med ny gulvopbygning.



### 7.2.1 Let facade - 400 mm sokkelisolering, ny gulvopbygning

Den laveste overfladetemperatur på dampspærren i bunden af den nye lette facade ses at være 13,9°C i januar. Gulvvarmen er ikke aktiv.

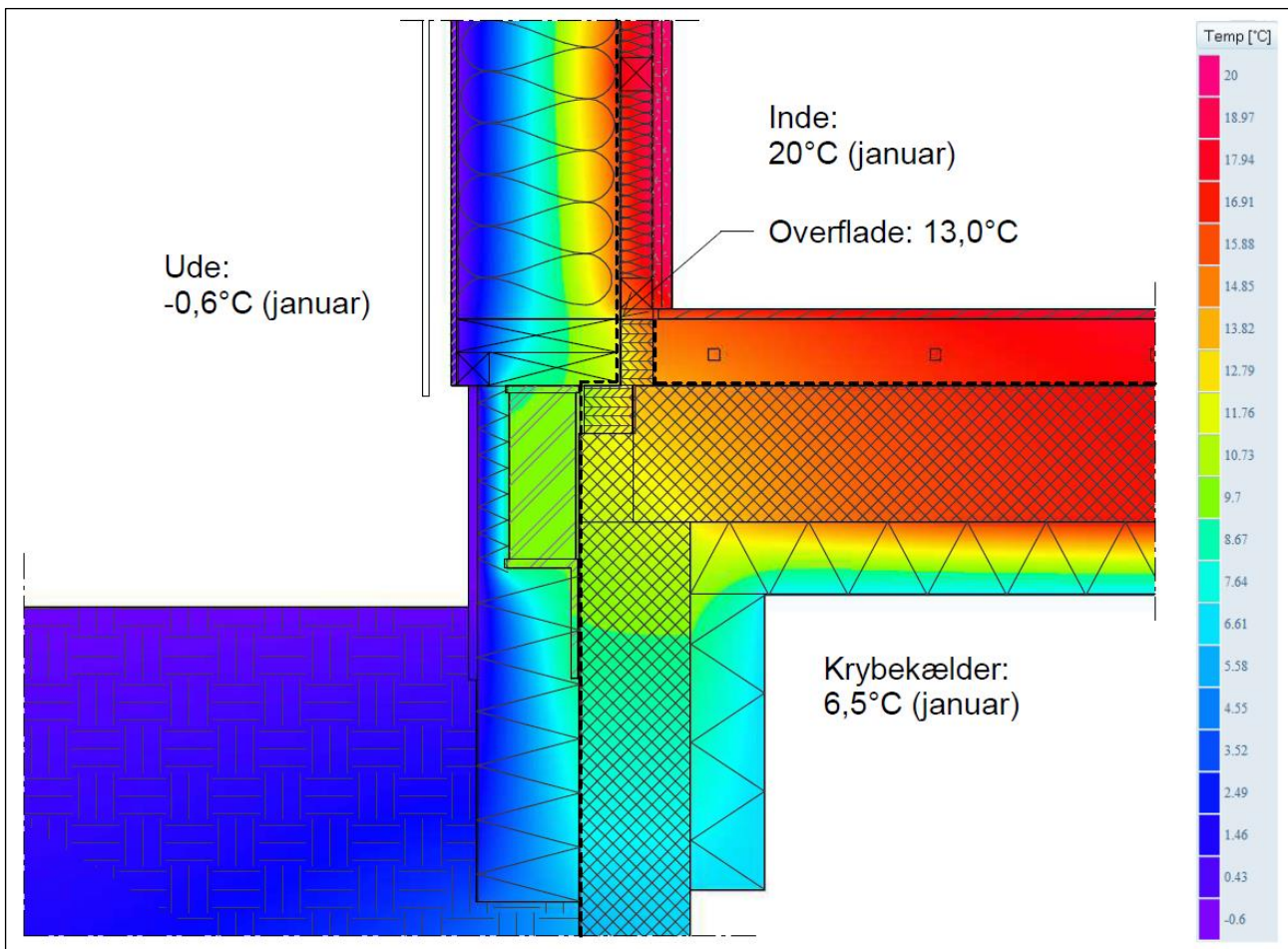
Resultater for aktiv gulvvarme og for de øvrige måneder kan ses af tabel 1.



Figur 6: Stationært temperaturprofil ved nye lette facader med ny gulvopbygning.

### 7.3.1 Let facade – Afretningslag indvendigt, 100 mm mineraluld under krybekælderdek

Den laveste overfladetemperatur på dampspærren i bunden af den nye lette facade ses at være 13,0°C i januar, når betondækket efterisoleres på undersiden med 100 mm mineraluld. Gulvvarmen er ikke aktiv.



Figur 7: Stationært temperaturprofil ved lette facader med nyt afretningslag med gulvvarme indenfor og 100 mm mineraluld på undersiden af krybekælderdek.

### 7.4.1 Let facade - Afretningslag indvendigt, 200 mm mineraluld under krybekælderdek

Ved efterisolering med 200 mm mineraluld på undersiden af betondækket reduceres temperaturen i krybekælderen til 5°C og temperaturen på overfladen af dampspærren i bunden af den nye lette facade reduceres til 12,9°C. Gulvvarmen er ikke aktiv.

## Resultatoversigt:

Resultaterne fra de udførte beregninger kan ses af nedenstående tabel.

Pkt.	Facade	Måned	Indetemp [°C]	Udetemp. [°C]	Temperatur krybekælder [°C]	Kritisk overflade- temp. jf. SBI 224 [°C]	Beregnet laveste indvendige overfladetemp. [°C]	Gulvvarme nødvendig [°C]
7.1.1	Tung	Jan	20	-0,6	12	13,8	<b>16,1</b>	NEJ
7.1.2	Tung	Feb	20	-1,1	12	12,4	<b>16,1</b>	NEJ
7.1.3	Tung	Mar	20	2,6	13	13,3	<b>16,6</b>	NEJ
7.1.4	Tung	Apr	20	6,6	15	14,5	<b>17,6</b>	NEJ
7.1.5	Tung	Maj	20	10,6	17	15,4	<b>18,5</b>	NEJ
7.1.6	Tung	Jun	22	15,7	18	18,1	<b>20,2</b>	NEJ
7.1.7	Tung	Jul	23	16,4	19	19,9	<b>21,2</b>	NEJ
7.1.8	Tung	Aug	23	16,7	19	20,4	<b>21,2</b>	NEJ
7.1.9	Tung	Sep	22	13,7	18	18,9	<b>20,1</b>	NEJ
7.1.10	Tung	Okt	20	9,2	16	15,7	<b>18,0</b>	NEJ
7.1.11	Tung	Nov	20	5,0	13	14,5	<b>16,7</b>	NEJ
7.1.12	Tung	Dec	20	1,6	12	13,3	<b>16,2</b>	NEJ

7.2.1	Let	Jan	20	-0,6	12	13,8	<b>13,9</b>	NEJ
7.2.2	Let	Feb	20	-1,1	12	12,4	<b>13,8</b>	NEJ
7.2.3	Let	Mar	20	2,6	13	13,3	<b>14,7</b>	NEJ
7.2.4	Let	Apr	20	6,6	15	14,5	<b>16,1</b>	NEJ
7.2.5	Let	Maj	20	10,6	17	15,4	<b>17,5</b>	NEJ
7.2.6	Let	Jun	22	15,7	18	18,1	<b>19,5</b>	NEJ
7.2.7	Let	Jul	23	16,4	19	19,9	<b>20,4</b>	NEJ
7.2.8	Let	Aug	23	16,7	19	20,4	<b>20,5</b>	NEJ
7.2.9	Let	Sep	22	13,7	18	18,9	<b>19,2</b>	NEJ
7.2.10	Let	Okt	20	9,2	16	15,7	<b>16,9</b>	NEJ
7.2.11	Let	Nov	20	5,0	13	14,5	<b>15,0</b>	NEJ
7.2.12	Let	Dec	20	1,6	12	13,3	<b>14,2</b>	NEJ

Tabel 1: Oversigt med forudsætninger og resultater fra simuleringer for den nye gulvkonstruktion mod det eksisterende krybekælderdek.

Efterisolering på underside af krybekælderdek – 100 mm mineraluld

Pkt.	Facade	Måned	Indetemp [°C]	Udetemp. [°C]	Temperatur krybekælder [°C]	Kritisk overflade- temp. jf. SBI 224 [°C]	Beregnet laveste indvendige overfladetemp. [°C]	Gulvvarme nødvendig [°C]
7.3.1	Let	Jan	20	-0,6	6,5	13,8	<b>13,0</b>	JA

Efterisolering på underside af krybekælderdek – 200 mm mineraluld

Pkt.	Facade	Måned	Indetemp [°C]	Udetemp. [°C]	Temperatur krybekælder [°C]	Kritisk overflade- temp. jf. SBI 224 [°C]	Beregnet laveste indvendige overfladetemp. [°C]	Gulvvarme nødvendig [°C]
7.4.1	Let	Jan	20	-0,6	5	13,8	<b>12,9</b>	JA

Tabel 2: Oversigt med forudsætninger og resultater fra simuleringer med nyt afretningslag med gulvvarme og efterisolering på undersiden af betondækket.

## 8. Vurdering

### 8.1 Ny gulvopbygning med eksisterende krybekælder

Ved simuleringer af de reviderede lette og tunge konstruktioner, samt den isolerede gulvopbygning med gulvvarme, ses der ingen tilfælde af overfladetemperaturer under de kritiske temperaturer, med baggrund i de månedlige gennemsnitstemperaturer. Dette er tilfældet ved både de lette og tunge facader.

Simuleringerne er udført uden varmetilskud fra gulvvarmen, og der vurderes derfor ikke at være behov for aktiv gulvvarme til at opvarme de kritiske punkter ved facaderne. I praksis vurderes gulvvarmen dog at være aktiv afhængig af det aktuelle udeklima og ønskede indeklima, hvormed det kritiske punkt også opvarmes.

### 8.2 Ny gulvopbygning uden EPS-beton og med efterisolering på undersiden af betondækket

Ved simuleringer af de reviderede lette konstruktioner med et nyt afretningslag med gulvvarme, samt 100 mm efterisolering på undersiden af betondækket mod krybekælderen ses temperaturen i det kritiske punkt at blive reduceret til 13,0°C og dermed under den kritiske temperatur. Dette vurderes at skyldes temperaturen i krybekælderen, som reduceres til 6,5°C i januar, når undersiden af betondækket efterisoleres. Kuldebroen gennem soklen får desuden en større betydning, når krybekælderdekke isoleres.

Ved efterisolering med 200 mm på undersiden af betondækket reduceres temperaturen i krybekælderen til 5°C i januar, og overfladetemperaturen reduceres til 12,9°C i det kritiske punkt.

Efterisolering på undersiden af betondækket vurderes derfor generelt at resultere i reduktion af overfladetemperaturen i det kritiske punkt, ved sammenligning med den projekterede gulvopbygning i pkt. 8.1.

Yderligere kan det ses at temperaturen nede i krybekælderen reduceres, når betondækket efterisoleres. Ved reduktion af temperaturen forøges det relative fugtniveau samtidig. Ved et forøget relativt fugtniveau reduceres udtørringseffekten af den etablerede mekaniske ventilation. Derfor vurderes efterisoleringen at forøge risikoen for skimmelvækst nede i krybekældrene uhensigtsmæssigt, hvorfor efterisoleringen ikke kan anbefales.

### 8.3 Skimmelvækst i krybekældre

Ud over sikring mod risiko for skimmelvækst indenfor, skal der sikres mod negativ påvirkning fra skimmelsvamp i krybekældrene. Den nye membran i gulvkonstruktionen bør udføres som en SBS-baseret membran, f.eks. som Phønix PTM gulvmembran.

Membranen bør svejses til det nye lag af EPS beton, så membranen placeres på den varme side af isoleringen. Den skal udføres med opkanter langs indervægge og ydervægge og udføres lufttæt mod krybekælderen.

Der skal samtidig etableres mekanisk undertryk i krybekælderen mod det fri, således at risikoen for påvirkning af skimmelsvamp eller radon reduceres. Undertrykket skal udføres jævnt fordelt i krybekælderen. Etablering af undertryk kræver nærmere detailprojektering.

## 9. Konklusion

På baggrund af de udføre fugttekniske simuleringer er det vor vurdering, at krybekældrene i Galgebakken kan renoveres efter de reviderede løsninger for lette og tunge facader og den nye isolerede gulvopbygning med gulvvarme. Løsningerne vurderes at kunne udføres uden, at dette giver anledning til risiko for skimmelvækst indvendigt ved bunden af facaderne, under de definerede forudsætninger.

Efterisolering på undersiden af betondækket mod krybekælderen kan ikke anbefales, da dette reducerer overfladetemperaturen indvendigt ved bunden af de lette facader, og da efterisoleringen vurderes at forøge risikoen for skimmelvækst nede i krybekældrene. Forøget risiko for skimmelvækst nede i krybekældrene vurderes at give øget risiko for negativ påvirkning af indeklimaet i boligerne.

Der skal udføres mekanisk undertryk i krybekældrene for at reducere risikoen for negativ påvirkning fra skimmelsvamp og radon i krybekældrene.

Vedbæk,

Jonas Kolbe  
BUNCH BYGningsfysik ApS