

Bygningsfysiske utfordringer i forbindelse med kalde garasjelegger

Bjørn Anders Pettersen og Emil Pettersen

UiT Norges arktiske universitet, Narvik, postboks: 385, 8505 Narvik

Mai. 2019

Sammendrag

Fokusområdet for oppgaven har vært relatert til bygningsfysiske utfordringer i kalde garasjelegger. Det er tatt utgangspunkt i boligblokken Øvreveien terrasse på Bardufoss i Målselv kommune. Etter ønske fra Consto er det fokusert spesielt på bygningsdelen som binder sammen garasjelegget med leilighetene og uteområdet over garasjelegget. Bygningsdelen er undersøkt for kuldebro- og kondensproblematikk. Det er utført målinger av strålingstapet på overflater i garasjelegget for å kartlegge plasseringen av måleutstyret. I tillegg er det gjort visuelle observasjoner inne og ute som kan være relevant for det bygningsfysiske ved bygget. Data fra temperatur og relativ luftfuktighets logging (temperatur- og RF logging) er senere benyttet i simuleringprogrammene THERM og WUFI 2D. Simuleringene har til hensikt å vurdere ulike isolasjonslengder og plasseringer opp mot kuldebro og kondensfare. Det ble totalt utført tre simuleringssvariasjoner: THERM stasjonær, WUFI 2D stasjonær og WUFI 2D transient.

Resultatene som fremkommer, viser at stasjonære simuleringer ikke er tilstrekkelige for en så kompleks konstruksjon som ble modellert i denne oppgaven. På grunn av lav overflatetemperatur i tilfarergulvet for samtlige isolasjonslengder, ble det foretatt en fuktteknisk analyse for dette området. Analysen som ble gjort under transiente forhold med værdata fra Bardufoss målestasjon indikerer at det er fare for kondensering i kritisk punkt, og dermed muggsoppfare. For å heve temperaturen gjennom konstruksjonen og i kritisk punkt, er det utarbeidet et nytt forslag til hvordan denne kuldebroen kan løses med 5 cm XPS mellom hulldekkene. Løsning vil bidra til å heve temperaturen i kritisk punkt, og dermed begrense kondensfaren i dette området.

Nøkkelord: Bygningsfysikk; Garasjelegger Kuldebro; Kondens; Relativ luftfuktighet; Simulering; THERM; WUFI 2D;

1. Introduksjon

Krav til antall parkeringsplasser for boligblokker er ofte gitt i kommunens reguleringsplan, og løses som regel med et garasjelegger i én eller flere av byggets etasjer. Garasjeleggene er som regel uoppvarmet, noe som er med på å skape bygningsfysiske utfordringer. De vanligste utfordringene er kuldebro- og fuktproblematikk.

Consto har bygd en rekke boligblokker med tilhørende uoppvarmede garasjelegger. Noen av de vanligste problemområdene for fukt og kuldebroer er ofte i overgang mellom terreng og vegg, gjennomføringer fra kald til varm side og kontinuerlige dekker. Hensikten med oppgaven er å belyse enkelte bygningsfysiske utfordringer i forbindelse med kalde garasjelegger. Etter ønske fra Consto er det fokusert spesielt på bygningsdelen som binder sammen garasjelegget med leilighetene og uteområdet over garasjelegget. Oppgaven er løst som en case-studie hvor det er utført termografering og temperatur- og RF logging ved Øvreveien terrasse på Bardufoss. Videre er resultatene fra loggingen benyttet i simuleringprogrammene THERM og WUFI 2D. Målet med oppgaven er å analysere dagens løsning i forhold til kuldebro og

kondensrisiko, i tillegg til å finne ut hvordan ulike isolasjonslengder og plasseringer vil endre temperaturforløpet og kondensrisikoen for bygningsdelen.

2. Metode

I oppgaven er det valgt å benytte case-studie som metode. Case-studie er en metode for datainnsamling ved kvalitativ forskning. Metoden går i dybden på en case eller sak på norsk, og på den måten kan en skaffe seg en dypere forståelse for hvorfor noe skjedde eller er som det er. I denne oppgaven ble case-studiet utført ved at informasjon ble samlet inn i samtaler med Consto, befaringer med termograferingskamera på bygget og studering av tegninger. Det ble videre plassert ut en logger i garasjeanlegget for å måle ønskede overflatetemperaturer, lufttemperaturer samt relativ luftfuktighet. Resultatene fra loggingen ble videre brukt i simuleringsverktøyene THERM og WUFI 2D.

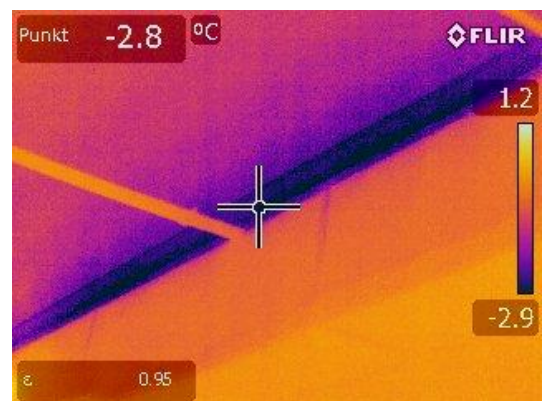
3. Resultater

3.1. Termograferingsresultater

I måleområde A vist i vedlegg 4, viser termograferingen temperaturdifferanse i overgangen mellom hulldekke og isolasjonen. Differansen mellom varmeste og kaldeste punkt på måleområde A ble målt til 4,1 °C jf. figur 3.2. Fargeskalaen som er gjengitt på bildet, og temperaturen registret i kryssets plassering viser at det kaldeste området er i sjiktovergangen mellom materialene, det blir gradvis varmere jo leggere ut på hulldekket en beveger deg. Isolasjonen viser jevnt over liten temperaturvariasjon.



Figur 3.1. Fotografi av måleområde A (Foto: Emil Pettersen)

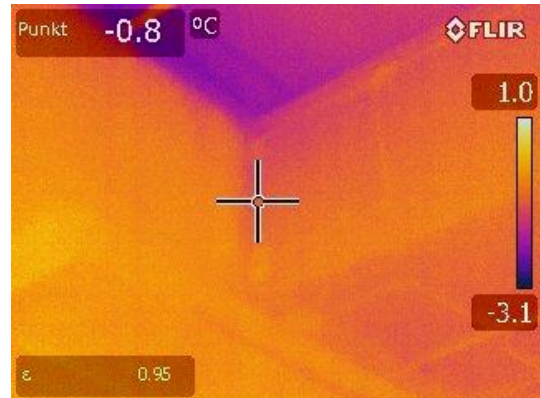


Figur 3.2. Termogram av måleområde A (Foto: Emil Pettersen)

I måleområde B vist i vedlegg 5, viser termograferingen like stort differanse mellom varmest og kaldeste punkt som for måleområde A, på 4,1 °C. Studeres bildet ser en at de kaldeste områdene også her er i sjiktovergangen mellom hulldekket og isolasjonen. Foruten øverste del av bjelkens side er det liten temperaturvariasjon på bjelken og isolasjonen. Temperaturen i termogrammets kryss som er plassert midt mellom målenodene viser $-0,8$ °C.



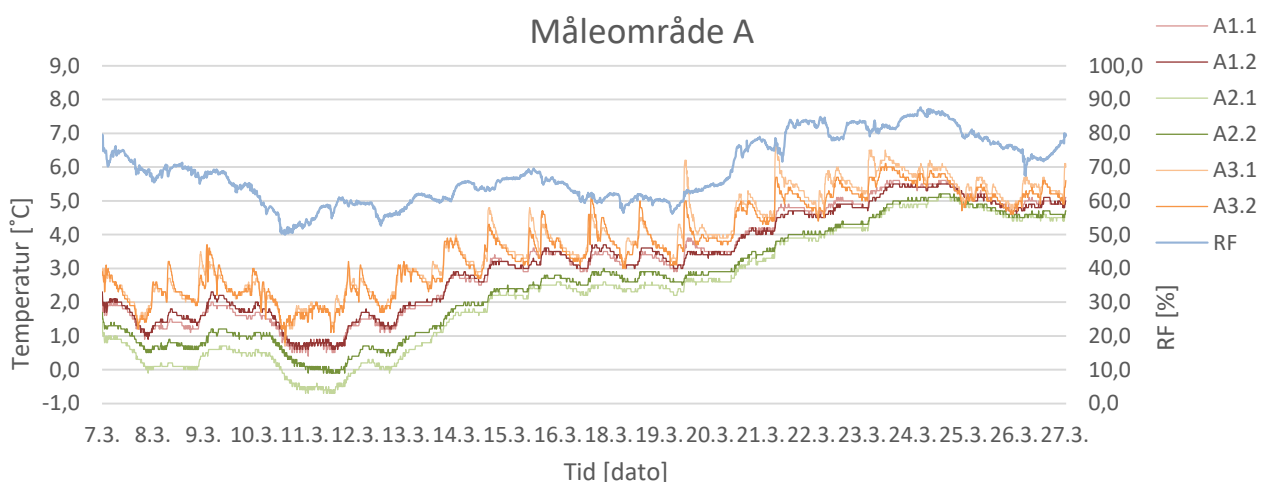
Figur 3.3. Fotografi av måleområde B (Foto: Emil Pettersen)



Figur 3.4. Termogram av måleområde B (Foto: Emil Pettersen)

3.2. Resultater fra Temperatur og relativ luftfuktighetslogging

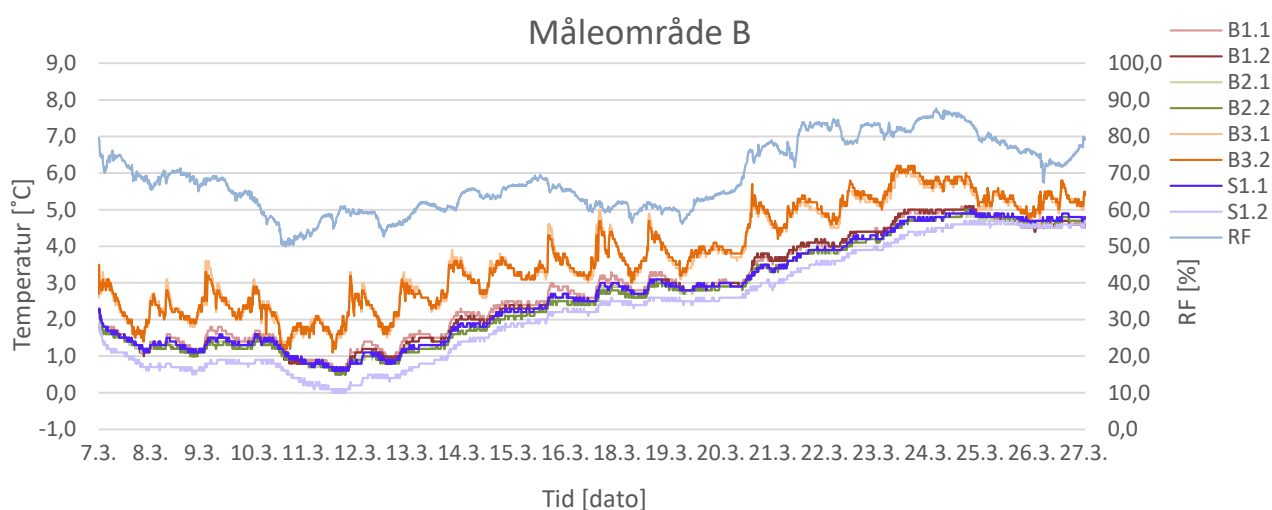
Målingene gjort på måleområde A er vist i figur 3.5. En ser en tydelig sammenheng på temperaturforløpet mellom nodene på samme rad. De to nodene som logger temperaturen i overgangen mellom hulldekket og isolasjonen (A2.1 og A2.2) viser de lavest registrerte temperatur sammenlignet med resterende punkter i hele måleperioden. Laveste registrerte temperatur for A2.1 var $-0,7$ °C, mens for A2.2 var laveste registrerte temperatur $-0,1$ °C. Loggingen utført på isolasjonens overflate (A3.1 og A3.2) viser at temperaturen er høyest i disse punktene. For A3.1 var høyeste registrerte temperatur $6,7$ °C, og for A3.2 var høyeste registrerte temperatur $6,1$ °C. I tillegg varierer temperaturen mest i disse punktene. Sammenlignes nodene som er plassert på isolasjonens overflate, følger disse lufttemperaturen i garasjeanlegget i større grad enn de øvrige nodene. Det er i snitt ca. $2,5$ °C temperaturdifferanse mellom de kaldeste punktene i overgangen mellom hulldekket og isolasjonen til de varmeste punktene på isolasjonens overflate. Målingene som er gjort i punkt A1.1 og A1.2, 50 cm inn på hulldekket målt fra isolasjonens ende, ligger stort sett midt mellom de to varmeste og de to kaldeste punktene gjennom hele perioden.



Figur 3.5. Resultater for måleområde A i perioden 07.03.2019 til 27.03.2019

Målingene gjort for måleområde B er presentert i figur 3.6. Målingene for alle punktene med unntak av målingene gjort på isolasjonens overflate, (B3.1 og B3.2, lyse- og mørkegrønn kurve) og målingene gjort på siden av bjelken øverst mot taket, (S1.2, lilla kurve) ligger stort sett innenfor 1 °C i differanse fra kaldest til varmest i hele perioden. I likhet med resultatene fra måleområde A varierer temperaturene på kurvene til B3.1 og B3.2 som registrerer temperaturene på isolasjonens overflate relativt mye i forhold til resterende temperaturlogginger, i tillegg er de høyeste overflatetemperaturene registrert her. For B3.1 og B3.2 er høyest registrerte temperatur 6,2 °C. Det er verdt å merke seg at selv om det er likheter mellom måleområde A og B når det gjelder variasjonene på temperaturene på rad tre så er ikke utslagene like store i måleområde B.

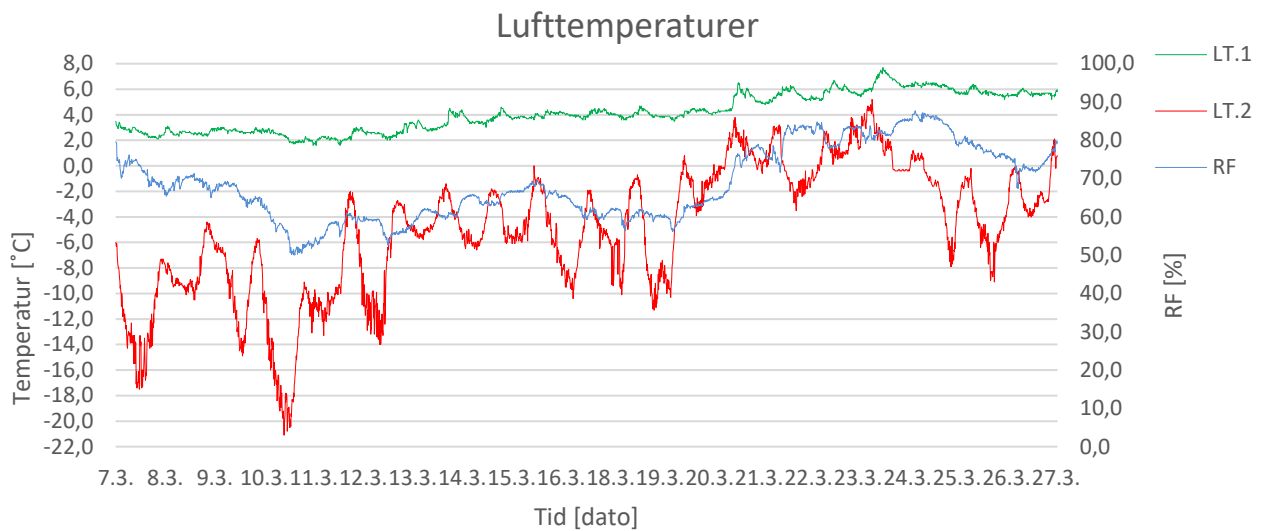
De laveste temperaturene registrert i måleområde B er på nodene plassert på siden av bjelken, S1.1 og S1.2 (lyselilla og mørkemål kurver). Laveste temperatur registrert for S1.2 som ligger nærmest taket er 0,0 °C, mens det for S1.1 er 0,6 °C.



Figur 3.6. Resultater formåleområde B i perioden 07.03.2019 til 27.03.2019

I figur 3.7 er lufttemperaturen og relativ luftfuktighet inne i garasjeanlegget plottet sammen med utetemperaturen. Som utetemperaturen (LT.2) viser er det store variasjoner over relativt korte tidsintervaller, høyeste utetemperatur målt i perioden var 5,2 °C og laveste var -21,1 °C, som gir en total variasjon på 26,3 °C. I motsetning til utetemperaturen er grafen til den registrerte innetemperaturen mye flatere, og varierte fra høyeste temperatur på 7,7 °C til laveste på 1,6 °C, som gir en total variasjon på 6,1 °C. Selv om den er registrert minusgrader på flere overflater i måleområde A og B, er det ikke registrert minusgrader på innelufta i måleperioden.

Verdien for RF i varierte fra 50 % til 87,7 % i måleperioden. I store deler av måleperioden lå registrert RF mellom 70 % og opp mot registrert maksverdi.



Figur 3.7. Resultater fra logging for lufttemperatur utenfor Øvreveien terrasse (LT.2), samt lufttemperatur inne i garasjeanlegget (LT.1). RF målt inne i garasjeanlegget er presentert med blå graf.

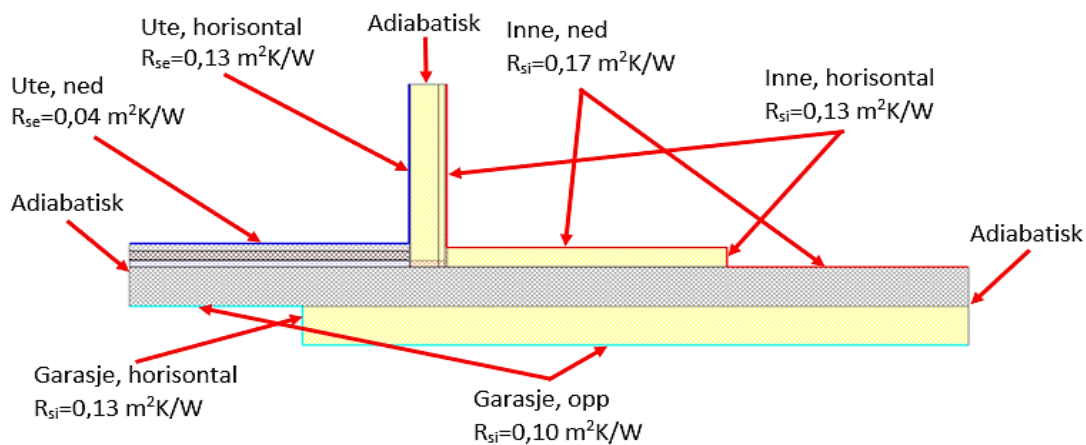
3.3. Simuleringsresultater

Therm og WUFI 2D, stasjonær

Varmeovergangsmotstand, materialparametere og grensebetingelser

Etter NS-EN ISO 6946 er ikke luftspalten og kledningene inkludert i simuleringen, anbefalingene til Sintef for varmeovergangsmotstand er fulgt. For de øvrige varmeovergangsmotstandene er disse hentet fra NS-EN ISO 6946:2017 (Standard,2017). For WUFI 2D er varmemotstanden til de ulike materialene er hentet fra materialdatabasen. For THERM er varmemotstandene til de ulike materialene er hentet fra Sintef og emissivitet er hentet fra læreboken «Heat and Mass Transfer» (Çengel & Ghajar, 2014).

Alle input for materialer, materialparametere og grensebetingelser er like for begge simuleringsprogrammene. Oversikt over materialer og materialparameter kan sees i vedlegg 1, tabell 1 og 2.



Figur 3.8. Grensebetingelser og overgangsmotstander til simuleringsmodellen i THERM og WUFI 2D

Rutesystem THERM (mesh)

Mesh kan justeres fra 3 til 12. I denne simuleringen ble det brukt ett mesh på 9.

Rutesystem WUFI 2D (grid)

Til stasjonær simulering er det benyttet ett grid på 300 i X-retning og 150 i Y-retning.

Temperaturer benyttet i simuleringsmodellene

De laveste temperaturene registrert for uteluften og luften inne i garasjeanlegget er bruk som input i THERM og WUFI 2D under simuleringene.

- Temperatur ute: $-21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ målt 11.03.2019 kl. 03:59.
- Temperatur inne i garasjeanlegg: $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ målt 11.03.2019 kl. 18:39.
- Temperatur i leiligheten over: $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og RF: 45%

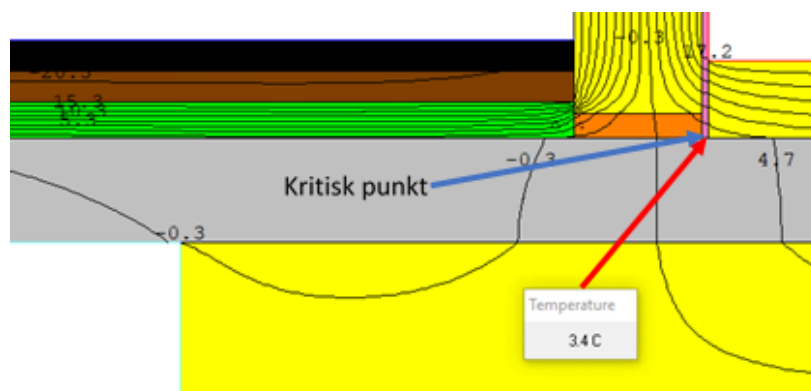
THERM: Resultatene fra simulering avleses når temperaturene i konstruksjonen har stabilisert seg, det er derfor ikke nødvendig å sette starttemperaturer for de ulike materialsjiktene.

WUFI 2D: Starttemperaturene til alle materialsjiktene er satt til $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Simuleringen er deretter kjørt over 600 «tids punkt», hvert punkt telles som en time. Det ble i tillegg kjørt en lengere simulering på 700 timer for å forsikre seg om at temperaturene hadde stabilisert seg for alle materialsjiktene.

For WUFI 2D er det i tillegg nødvendig å sette startbetingelser for RF fra 0 til 1 for materialsjiktene. Standardverdien på 0,8 ble brukt for alle materialsjiktene.

Resultat THERM, stasjonær

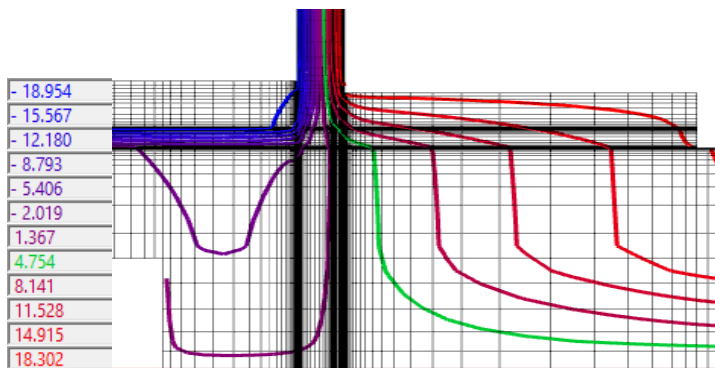
Simuleringen viser den nåværende løsningen for Øvreveien terrasse, beregnet U-verdi for tverrsnittet av ytterveggen vist i figur 3.9 er $0,1362\text{ W/m}^2\text{K}$ med en feilmargin på 3,87 %. Ut ifra simuleringene kan en tydelig se at isotermen på $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ faller for området hvor randisolasjonen overlapper hulldekket.



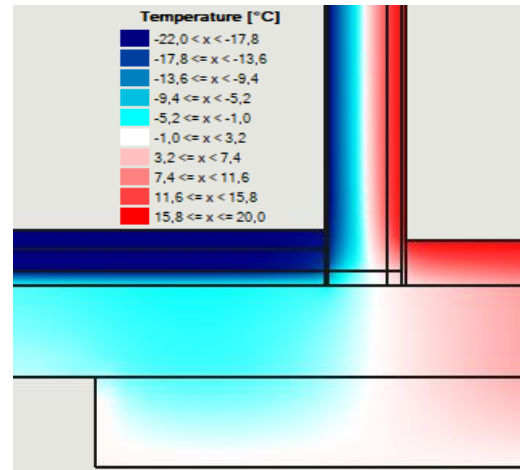
Figur 3.9. Resultat fra simuleringen med nåværende løsning under stasjonære forhold

Resultat WUFI 2D, stasjonær

Om figur 3.10 sammenlignes med figur 3.9 kan en se at resultatene er tilnærmet like. Ved å sammenligne isotermene på 4,7 °C til de ulike figurene får man en indikasjon på hvor like resultatene er fra de to simuleringssystemene. I figur 3.11 kan en tydelig se at temperaturen faller for området under overlappende isolasjon.



Figur 3.10. Nåværende løsning simulert med WUFI 2D

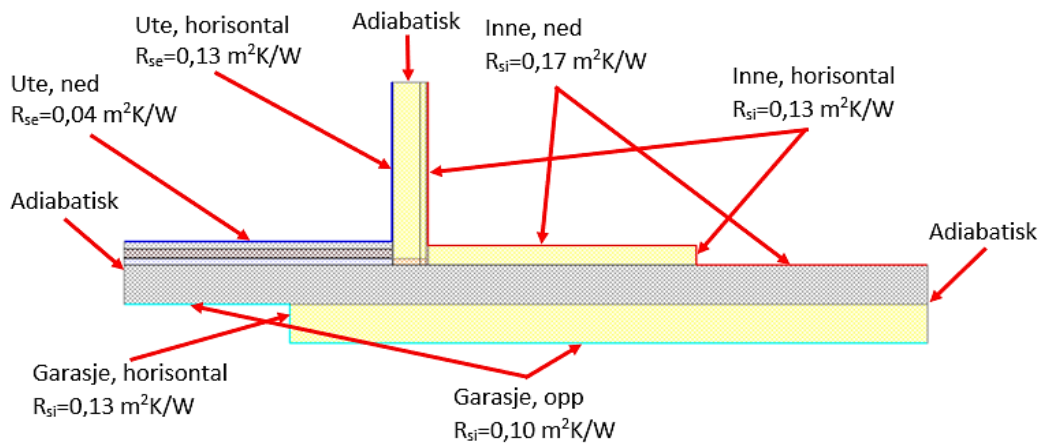


Figur 3.11. Nåværende løsning simulert med WUFI 2D

WUFI 2D, Transient

Varmeovergangsmotstand, materialparametere og grensebetingelser

Etter NS-EN ISO 6946 er ikke luftspalten og kledningene inkludert i simuleringen, anbefalingene til Sintef for varmeovergangsmotstand er fulgt. For de øvrige varmeovergangsmotstandene er disse hentet fra NS-EN ISO 6946:2017 (Standard, 2017). Varmemotstanden til de ulike materialene er hentet fra materialdatabasen til WUFI 2D. Oversikt over disse kan sees i vedlegg 1, tabell 3.



Figur 3.12. Grensebetingelser og overgangsmotstander til simuleringmodellen for WUFI 2D

Rutesystem (Grid)

Til transient simulering er det benyttet ett grid på 300 i X-retning og 150 i Y-retning.

Temperaturer benyttet i simuleringsmodellen

Under temperatur- og RF loggingen på Øvreveien terrasse ble det kun målt RF inne i garasjeanlegget. Det ble derfor hentet RF og utetemperaturer fra Bardufoss målestasjon fra perioden 07.03.2019 Kl. 15:00 til 27.03.2019 Kl. 11:00 (Yr, 2019). Temperaturen og RF inne i garasjeanlegget er fra loggingen som ble utført på Øvreveien terrasse.

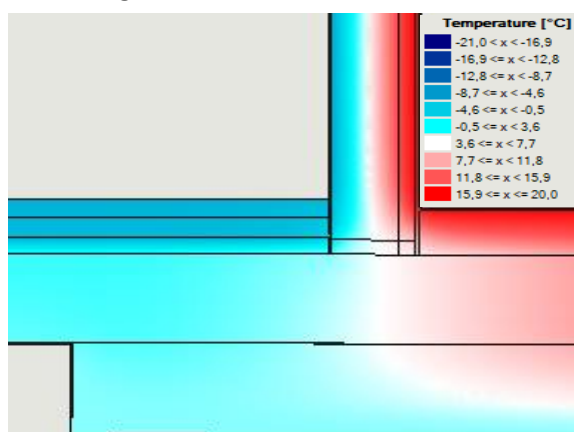
- Temperatur og RF: Verdier hentet fra Yr.no (Yr, 2019)
- Temperatur og RF inne i garasjeanlegg: Verdier fra temperatur- og RF logging
- Temperatur og RF innvendig: 20 °C og RF: 45%

Det ble kjørt en simulering for å undersøke hvilke temperaturer det ville være fornuftig og velge. Oversikt over disse finnes i vedlegg 1, tabell 4.

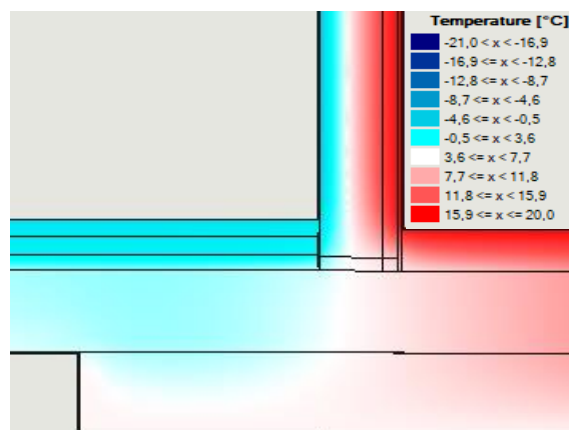
Standardverdien på 0,8 for RF ble brukt for alle materialsjiktene.

Resultater WUFI 2D, transient

Figur 3.13 viser resultatet for simulering etter 200 timer. Dette tilsvarer 15.03.2019 kl. 23:00 fra temperatur- og RF loggingen. Figur 3.14 viser resultatet for simulering etter 342 timer. Dette tilsvarer 21.03.2019 kl. 22:00 fra temperatur- og RF loggingen. Ved og sammenligne de to figurene kan en se at temperaturbildet varierer mye over tid. Sammenlignes figur 3.14 (transient) med figur 3.11 (stasjonær) ser en likhetstrekk ved simuleringene.



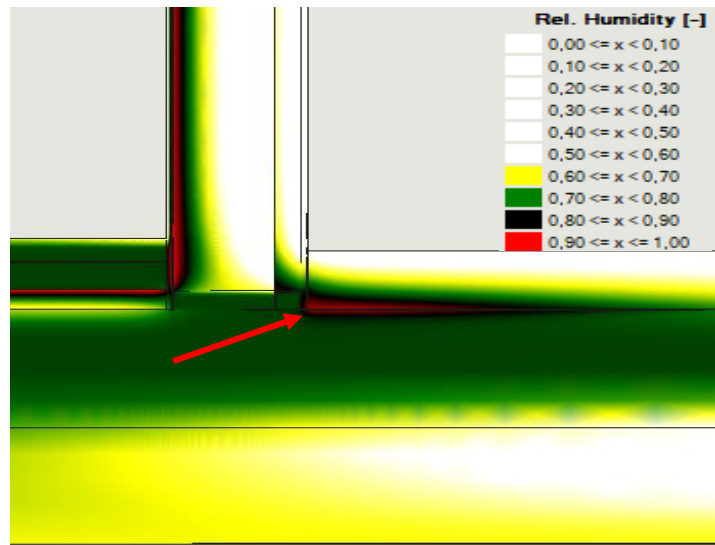
Figur 3.13. Viser resultat fra opprinnelig løsning for Øvreveien terrasse etter 200 timer. Dette tilsvarer: 15.03.2019 kl. 23:00



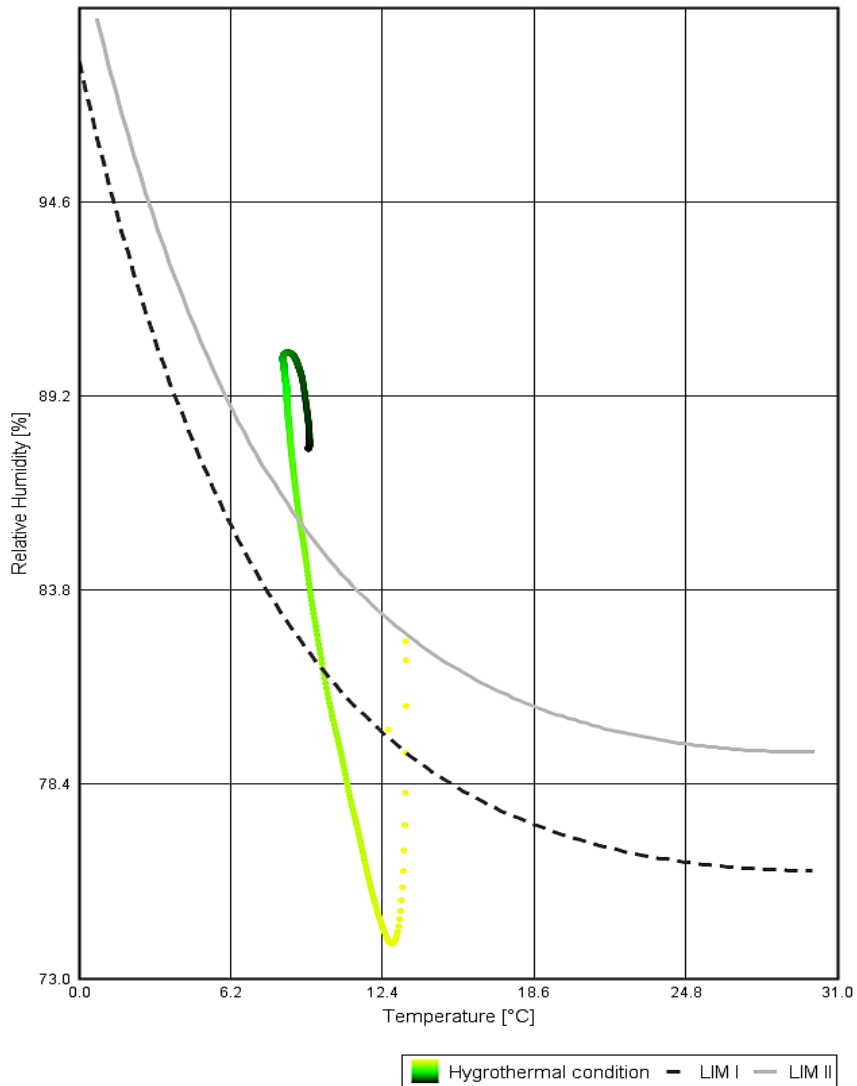
Figur 3.14. Viser resultat fra opprinnelig løsning for Øvreveien terrasse etter 342 timer. Dette tilsvarer: 21.03.2019 kl. 22:00

For å undersøke kondensfare i konstruksjonene ble det i tillegg utført en fuktteknisk analyse. Resultatet gir et godt bilde av konstruksjonen, og gir en indikasjon på hvor man bør hente ut data for å undersøke faren for muggsopp. I figur 3.15 kan man se at RF er høyt i overgang mellom isolasjon og betong, det ble derfor hentet ut data fra dette området, området for dataauthenting kan sees i vedlegg. Figur 3.16 viser resultatet fra området. Gul farge indikerer starten på simuleringen, linjen blir gradvis mørkere frem til linjen går over i svart som angir slutten av simuleringen. Man kan se at linjen som markerer slutten på simuleringen ligger over LIM II, til referanse ligger gipsplate på LIM I og de fleste isolasjonstyper ligger på LIM II. Når resultat ligger over LIM for angitt materialtype indikerer dette fare for muggsoppvekst.

- LIM I: Produkter som er laget av lett nedbrytbare materialer. F. eks Veggtepet og gipsplate.
- LIM II: Materialer med porøs struktur f.eks. gips, mineralbaserte bygningsmaterialer, noen tretyper, og isolasjonsmaterialer som ikke tilhører gruppe I. Om isolasjonsmaterialer er forurensede, tilhører disse gruppe I.



Figur 3.15. Resultat fra simulering for relativ fuktighet



Figur 3.16. Muggsoppfaren for området data ble hentet ut fra

4. Diskusjon

Ved å tolke resultatene fra transiente simuleringer kan det se ut til at væromslag der temperaturen holder seg stabil etter temperaturstigningen gir negativ innvirkning for bygningsdelen. Dette kommer sannsynligvis av treggheten i betongen. Ved hyppige temperaturvariasjoner holder ikke temperaturen seg tilstrekkelig lenge til at dette skal gi noen tydelige utslag i simuleringmodellen. Uansett hvordan man tolker resultatene er ikke løsningen med utstikkende isolasjon gunstig, grunnen til dette er for at løsningen ikke bryter kuldebroen. For å bryte kuldebroen skikkelig må man finne en løsning som gjør at hulldekket ikke går kontinuerlig fra utsiden og inn i garasjelegget/leilighetene. Det er derfor utarbeidet ett forslag på hvordan kuldebroen kan brytes med 5 cm XPS mellom hulldekker, forslag kan sees i vedlegg 3. Resultat fra simuleringen viser også at det er fare for muggsopp i punktet som er henvist som kritisk punkt i figur 3.9. Plottingen for figur 3.16 er over linjen LIM II. Det vil si at det kan vokse muggsopp på isolasjonen og betongen som kategoriseres til LIM II, i tillegg kan det vokse muggsopp på gipsplaten som er kategorisert til LIM I.

5. Konklusjon

Arbeidet med oppgaven har fokusert på bygningsfysiske utfordringer tilknyttet kalde garasjelegger. Det er lagt spesielt vekt på kondens- og kuldebroproblematikk for én konkret bygningsdel. I tillegg har oppgaven tatt for seg endel vanlige skader i garasjelegger.

I perioden 07.03 til 27.03.2019 er overflatetemperaturer, lufttemperaturer og relativ luftfuktighet logget ved Øvreveien terrasse på Bardufoss. Hovedfokus har vært overgangen mellom leiligheter, uteområde og garasjelegget. Av måleresultatene kan man se at det til tider er fare for at det felles ut kondens på overflatene hvor målingene er gjort. Det er kombinasjonen av lave overflatetemperaturer og høy relativ luftfuktighet, særlig i perioder med væromslag hvor det går fra kaldt vær til mildvær og regn, som har vist seg å være det problematiske i den registrerte måleperioden. Måleresultatene er tolket og deretter brukt som startbetingelser i simuleringprogrammene THERM og WUFI 2D, hvor detaljen rundt overgangen er studert nærmere for kuldebro- og kondensproblematikk. Det er videre simulert alternative løsninger og plasseringer av isolasjonen i garasjeleggets tak for å fastslå nødvendig lengde på overlappende isolasjon, og om andre løsninger kan ha bedre effekt på temperaturforløpet i konstruksjonen.

Det er gjort både stasjonære og tidsavhengige (transiente) simuleringer med henholdsvis THERM og WUFI 2D. Med startbetingelsene som ble benyttet i de stasjonære simuleringene fremkommer at løsningen med overlappende isolasjon mellom varm og kald side har negativ innvirkning på temperaturforløpet i konstruksjonen. De transiente simuleringene viser tidvis samme temperaturforløp som under stasjonære forhold, men gir imidlertid et annet resultat for store deler av simuleringperioden. Resultatet fra den transiente simuleringen avkrefter at overlappende isolasjon utelukkende har en negativ effekt på varmetapet for konstruksjonen.

Resultatene som fremkommer viser at stasjonære simuleringer ikke er tilstrekkelige for en så kompleks konstruksjon som ble modellert i denne oppgaven. Spesielt i tilfeller der bygningsdelene består av tunge materialer med god varmelagringssevne. Temperaturene i kritisk punkt er imidlertid såpass lave at det ble foretatt en fuktteknisk analyse av dette området med WUFI 2D. Analysen ble gjort under transiente forhold med værdata fra Bardufoss målestasjon i aktuell måleperiode. Resultatet fra denne analysen indikerer at det er fare for kondensering i kritisk punkt, og dermed muggsoppfare ettersom gipsplaten gir tilgang på organisk materiale.

For å heve temperaturen gjennom konstruksjonen og i kritisk punkt, er det utarbeidet et nytt forslag til hvordan denne kuldebroen kan løses med 5 cm XPS mellom hulldekkene. Løsningen vil ifølge simuleringene være med på å heve temperaturen i kritisk punkt fra ca. 3,5 °C til ca. 10 °C, og dermed begrense kondensfaren i dette området.

6. Annerkjennelser

Det ønskes å rette en takk til våre eksterne veiledere ved Consto AS, Geir Soleng og Lars Eckle, som i sin ellers travle hverdag har tatt seg tid til å støtte og veilede oss i arbeidet med oppgaven. Videre vil vi rette en takk til veileder Svein Erik Sveen ved UiT, som har gitt oss nyttige tips samt gode og konstruktive tilbakemeldinger underveis i arbeidet. Kunnskapen og hjelpsomheten til Nils Andreassen på laboratoriet på Institutt for bygg, energi og materialteknologi ved UiT hadde vi ikke klart oss uten, takk for all veiledning.

7. Referanser

Pettersen, E. & Pettersen, B.A., 2019, *Bygningsfysiske utfordringer i forbindelse med kalde garasjeleg* (Masteroppgave), Universitetet i Tromsø, Narvik

ÇENGEL, Y.A & GHAJAR, A.J, 2014, *Heat and Mass Transfer*, ISBN 978-981-4595-27-8 versjon nr.5, McGraw-Hill Education forflag 101212 New York

STANDARD, 2017, *Bygningskomponenter og -elementer - Varmemotstand og varmegjennomgangskoeffisient – Beregningsmetoder (NS-EN ISO 6946:2017)*, <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=941536> (17.04.2019)

YR, 2019, *Bardufoss målestasjon, Været som var, Værstatistikk*, https://www.yr.no/sted/Norge/Troms/M%C3%A5lsv/Bardufoss_m%C3%A5lestasjon/almanakk.html?dato=2019-03-07 (19.04.2019)

Vedlegg 1

Tabell 1. Oversikt over materialparameterne og de ulike materialene benyttet i THERM

	Materiale	Varmekonduktivitet [W/mK]	Emissivitet
1	Gips	0,200	0,93
2	Glassull	0,035	0,94
3	XPS	0,036	0,90
4	Sand	1,700	0,90
5	Stein	3,000	0,90
6	Trevirke	0,130	0,90
7	Hulldekke	2,250	0,90

Tabell 2. Oversikt over materialparameterne og de ulike materiale benyttet i WUFI 2D stasjonær

	Materiale	Desitet [kg/m³]	Porøsitet [m³/m³]	Spesifikk varmekapasitet [j/kgK]	Thermisk konduktivitet [W/mK]	Vanndampmotstand [-]
1	Gips	850,0	0,650	850	0,200	8,30
2	Glassull	40,0	0,986	850	0,035	1,30
3	XPS	14,8	0,990	1470	0,036	73,01
4	Sand	1950,0	0,240	850	1,700	17,00
5	Stein	2650,0	0,035	2600	3,000	35,70
6	Trevirke	510,0	0,730	1600	0,130	50,00
7	Hulldekke	2400,0	0,180	880	2,250	180,00

Tabell 3 . Oversikt over materialparameterne og de ulike materiale benyttet i WUFI 2D transient

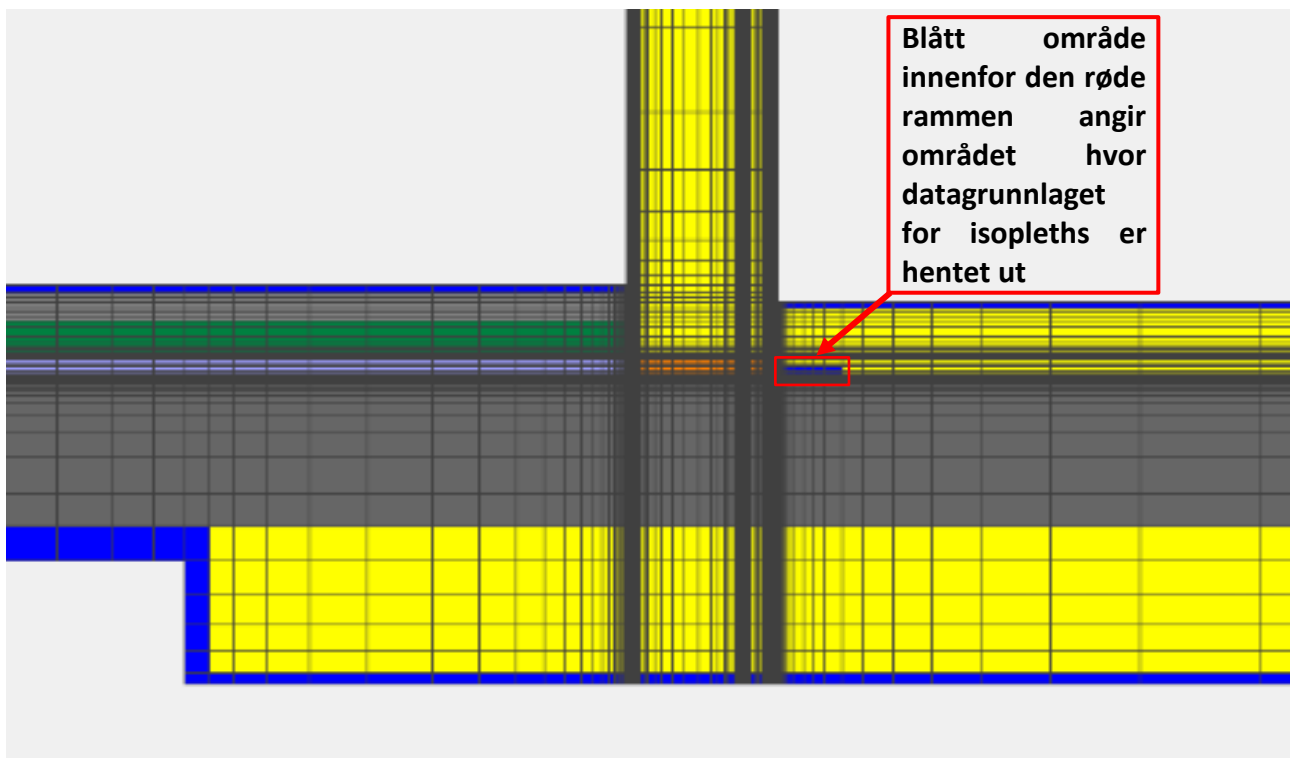
	Materiale	Desitet [kg/m³]	Porøsitet [m³/m³]	Spesifikk varmekapasitet [j/kgK]	Thermisk konduktivitet [W/mK]	Vanndampmotstand [-]
1	Gips	850,0	0,650	850	0,200	8,30
2	Glassull	40,0	0,986	850	0,035	1,30
3	XPS	14,8	0,990	1470	0,036	73,01
4	Sand	1950,0	0,240	850	1,700	17,00
5	Stein	2650,0	0,035	2600	3,000	35,70
6	Trevirke	510,0	0,730	1600	0,130	50,00
7	Hulldekke	2400,0	0,180	880	2,250	180,00
8	Dampspærre	130,0	0,001	2300	2,30	297,00
9	Membran	1890,0	0,001	2300	2,300	33000,00
10	Vindspærre	130,0	0,001	2300	2,300	297,00

Tabell 4. Oversikt over de ulike starttemperaturene til materialsjiktene benyttet i WUFI 2D transient

	Materiale	Starttemperatur [°C]
1	Gips	19,0
2	Glassull	12,5
3	XPS	-7
4	Sand	-7
5	Stein	-10
6	Trevirke	*15
7	Hulldekke	*12,5
8	Dampspærre	*15
9	Membran	*-7
10	Vindspærre	-10

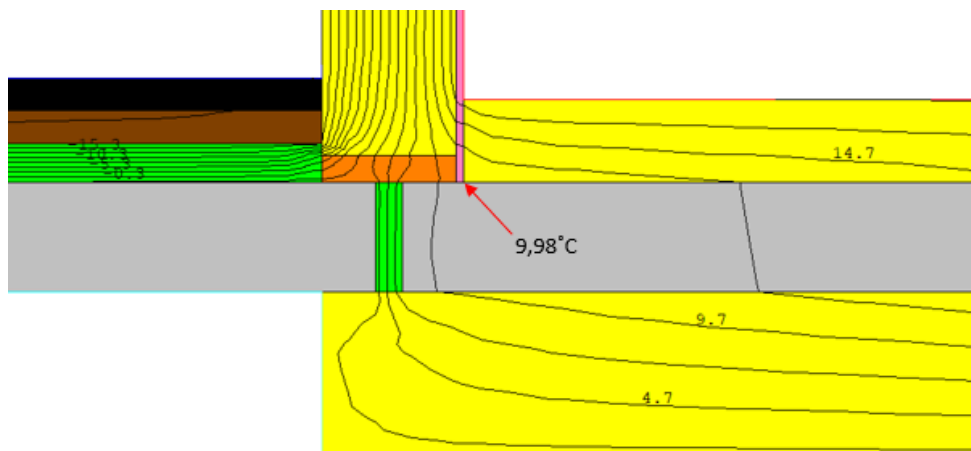
*For materialsjiktene der det er fare for kondens er disse temperaturene justert opp. Dette for å unngå at det felles ut kondens på disse flatene før temperaturene har fått mulighet til å stabilisere seg.

Vedlegg 2



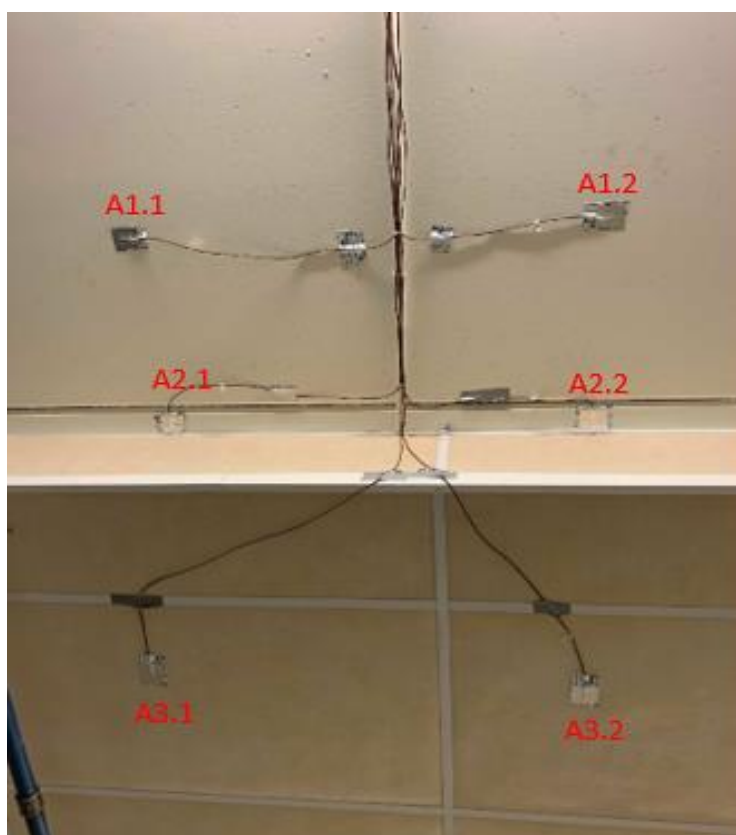
Figur 1. Rød ramme viser område hvor data for isopleths er hentet ut

Vedlegg 3



Figur 2. Anbefalt løsning med 5 cm XPS mellom hulldekker

Vedlegg 4



Figur 3. Måleområde A

Vedlegg 5



Figur 4. Måleområde B