



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Dokumentation af Fugttechnik ved udvendig kælderisolering



GRUNDEJERNES
INVESTERINGSFOND



Om publikationen

Publikationen er udgivet som en del af projektet "Dokumentation af udvendig kælderisolerings", som er finansieret af Grundejernes Investeringsfond (GI), og udført af Teknologisk Institut i samarbejde med Drost Fonden, Rockwool og FB Water ApS.

Publikationen er udgivet i 2024. Det er tilladt at kopiere tekst fra denne, såfremt der laves tydelig kildehenvisning.

Forfatter

Sofie Marie Kristensen, Teknologisk Institut
Lies Vanhoutteghem, Teknologisk Institut
Kathrine Andersen, Teknologisk Institut

Layout & grafik

Teknologisk Institut

ISBN

978-87-7511-707-9



Indhold

Indledning & konklusion.....	4
Afsnit 1: Casebygningen.....	6
Afsnit 2: Opsætning af udvendig diffusionsåben kælderisolering.....	8
Afsnit 3: Fugtteknisk monitorering af casebygningen.....	12
Afsnit 4: Resultater fra casestudiet.....	14
Afsnit 5: De fugttekniske simuleringer.....	16



Indledning

Denne publikation er udgivet som en del af projektet "Dokumentation af udvendig kælderisolering", som er gennemført fra april 2021 til april 2024.

I projektet har vi undersøgt effekten af udvendig diffusionsåben efterisolering af grundmurede kældre.

Projektet er udført som en kombination af casestudie og fugttekniske simuleringer. Anvendelsen af simuleringer muliggør dokumentation af de fugttekniske forhold ved både diffusionsåbne og diffusions-tætte efterisoleringer af kælderydervægge.

Igennem publikationen præsenterer vi den udvalgte casebygning, som er ejet af Drost Fonden, og viser med illustrationer og billeder, hvordan der er gennemført opsætning af udvendig diffusionsåben kælderisolering samt opsat fugtteknisk monitorering på casebygningen og resultaterne fra den tre-årige projektperiode.

Konklusion

I projektet kan vi se, at ved målinger med TROXLER-systemet, sker en gradvis udtørring af kælderydervæggen i løbet af den 3-årige måleperiode, særligt i den øverste del af væggen. Først i løbet af det 3. år efter renoveringen, begynder udtørringen at kunne registreres tydeligt. Derudover ser vi, at den indvendige temperatur i kælderen har en betydning for, hvor hurtigt kælderydervæggen udtørres.

Ved simuleringer ser vi tilsvarende resultater, som for TROXLER målinger, men også:

- At efter 10 år er den øverste del af væggen udtørret.
- At ved at erstatte den diffusionsåbne løsning med en mere diffusionstæt løsning, ses en længere udtørningsperiode.

Via projektet kan vi således konkludere, at ved at anvende en diffusionsåben løsning til udvendig efterisolering af kælderydervægge opnås en bedre effekt på udtørring af kældervæggen sammenlignet med en diffusionstæt løsning.





Afsnit 1: Casebygningen

Den udvalgte casebygning er en ældre bygning i hovedstadsområdet med grundmuret kælder. Bygningen er ejet af Drost Fonden.

Kælderydervæggene har en tykkelse på ca. 60 cm, og terræn ligger ca. 20 cm under niveau for etageadskillelse mod stueplan.

Der var, forud for projektets opstart, planlagt en større renovering af kælderen, hvor der bl.a.:

- er fokus på optimering af udluftning og opvarmning i kælderen.
- udføres en ny indvendig overfladebehandling, i form af saneringspuds.
- er planlagt opsætning af udvendig efterisolering og dræn.

Som en del af projektet valgte man at udføre en difusionsåben udvendig efterisolering med en integreret drænløsning.





Afsnit 2: Opsætning af udvendig diffusionsåben kælderisolering

Casebygningen er beliggende på en hjørnegrund og har dermed ydervægge mod gården (syd- og østvendt) og gadeside mod hhv. nord og vest.

Det blev opsat udvendig diffusionsåben isolering i kombination med dræn, på både den nordvendte og vestvendte kælderydervæg. Områderne er markeret med gult på plantegningen på side 13.

Den udvendige efterisoleringsløsning, der er anvendt til projektet, er et nyudviklet produkt med kombineret diffusionsåbne isoleringsbatts og drænløsning, således,

at drænrøret er integreret i den nederste del af isoleringen. Dette bevirker, at isolering føres helt ned til niveau for dræn. Derudover er det ved den anvendte isoleringsløsning muligt at benytte almindelig jord til tilbagefyld. Der er således ikke anvendt drængrus, men blot den opgravede jord.

I dette projekt er der ikke udført vandret fugtsikring af kælderydervæggen.



Billedet viser det produkt, der er anvendt til casen, hvor drænrør er integreret i isoleringsbat.



Billedet viser isolering opsat udvendigt på kældervæggen.



Billeder viser, at den opgravede jord er brugt som tilbagefyld.

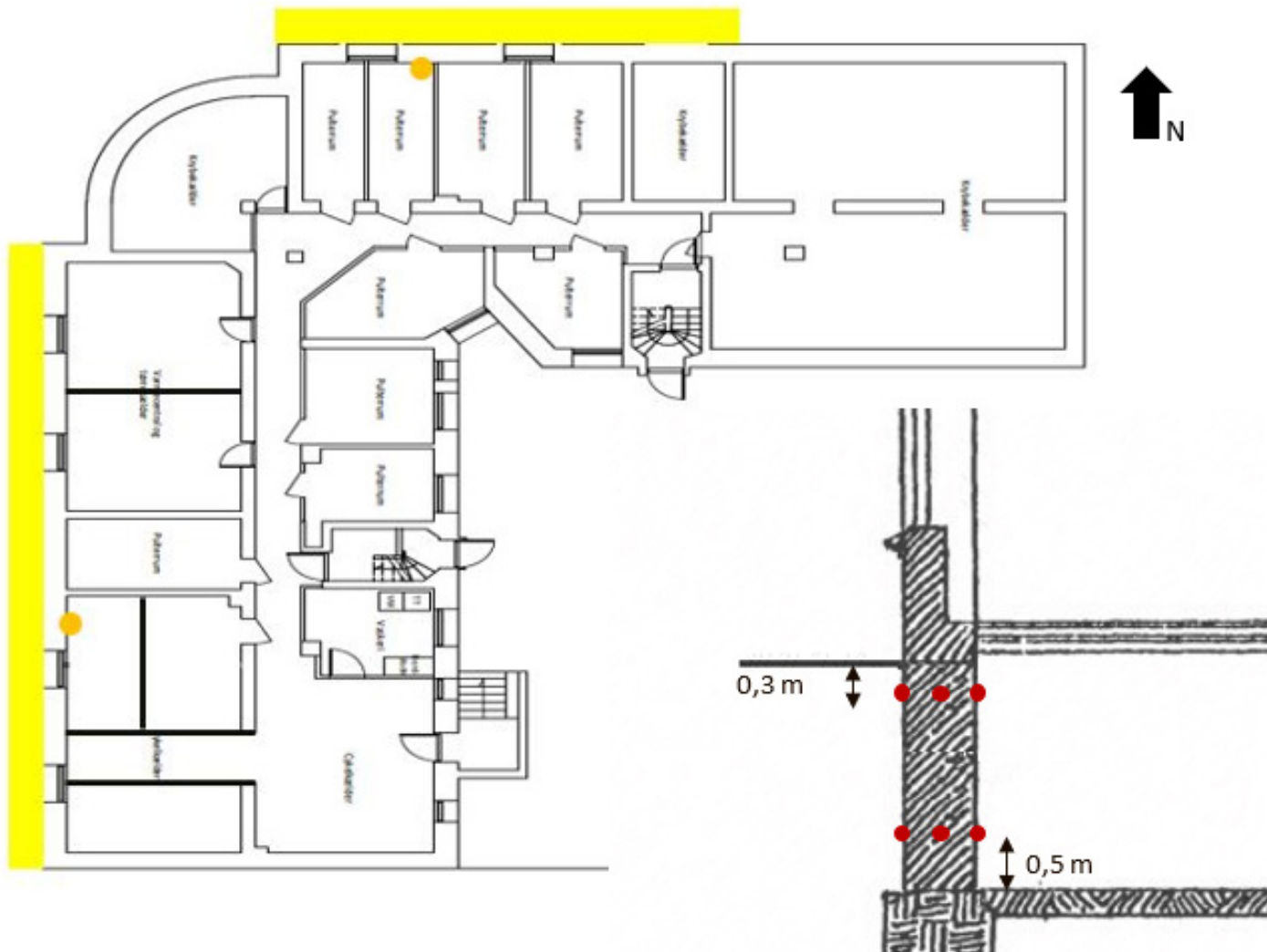


Afsnit 3: Fugtteknisk monitorering af casebygningen

Den fugttechniske monitorering er udført dels ved løbende datalogning af temperatur og relativ luftfugtighed, og dels ved løbende målinger med TROXLER systemet, som måler fugtniveauet på indvendig side af kælder-ydervæggen, ca. 10 cm ind i væggen.

Der er opsat loggere til monitorering af temperatur og relativ luftfugtighed ved to forskellige lokationer i kælderen (gul prik på plantegning side 13).

Ved hver lokation er der placeret i alt 6 målepunkter, hhv. 0,3 m under terræn og 0,5 m over gulvniveau, både på indvendig side af ydervæggen, på udvendig side af ydervæggen, samt midt i ydervæggen (røde markeringer på snittegningen på figuren på side 13).





Afsnit 4: Resultater fra casestudiet

Der blev løbende, gennem projektet, udført målinger af fugtniveauet i ydervæggene med TROXLER systemet.

På figuren øverst på side 15, kan det ses, at der i løbet af det første år ikke blev registreret det store udsving i fugtniveauerne. I løbet af det andet år efter renoveringen, ses der en tendens til, at ydervæggen mod hhv. nord og vest affugtes i den øverste del. Det er dog først i løbet af det tredje år efter renoveringen, at fugtniveauet i ydervæggene er faldet væsentligt.

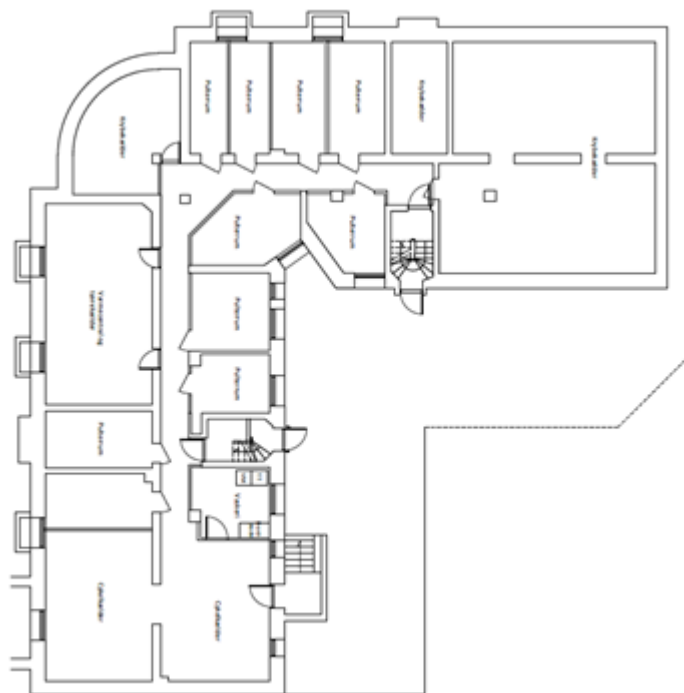
Der ses en forskel mellem nordvendt og østvendt kælderydervæg. Forklaringen på dette er formentlig, at der i måleområdet ved den vestvendte ydervæg var en væ-

sentlig lavere temperatur i det meste af perioden, fordi døren til kælderopgangen på udvendig side var åben i lange perioder, i forbindelse med diverse renoveringer på de øvrige etager.

Resultaterne fra datalogning af temperatur og relativ luftfugtighed blev primært brugt til kalibrering af modeller opstillet til fugttekniske simuleringer. Men det er også fra disse data vi ved, at temperaturen i den ene del af kælderen var væsentligt lavere.

Nordvendt facade										
0,3m under terræn	52	49	48	44	44	30	30	27	22	18
1,5m over gulv	55	55	54	50	49	45	44	44	41	26
0,5m over gulv	57	56	56	54	51	46	46	44	43	35
	1. år					2. år			3. år	

Vestvendt facade										
0,3m under terræn	41	39	39	37	37	37	33	33	33	25
1,5m over gulv	48	49	48	48	46	46	42	42	40	31
0,5m over gulv	52	51	52	52	51	52	52	50	46	44
	1. år					2. år			3. år	





Afsnit 5: De fugttekniske simuleringer

De fugttekniske simuleringer i projektet er udført ved anvendelse af programmet WUFI (WUFI Pro 6.7 og WUFI 2D 4.5).

I programmet er det muligt at simulere fugtforholdene i kælderydervæggen over tid, samt ved forskellige løsninger til udvendig efterisolering.

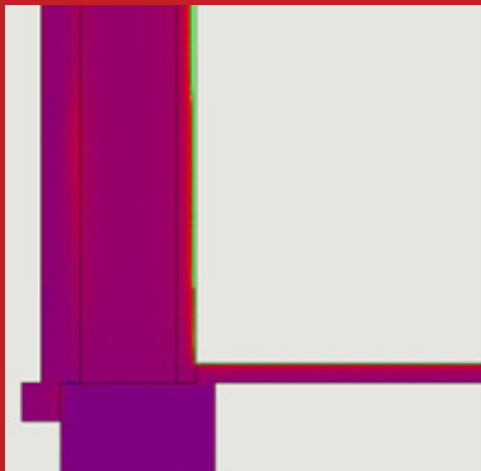
Resultaterne er illustreret på figurerne på side 17.

I projektet er modellerne til simulering kalibreret og sammenlignet med måledata fra casen. Det vil sige en 3-årig måleperiode, og det har givet mulighed for mere præcise forudsigelser af konstruktionens udtørring i fremtiden. Kalibreringen er foretaget ud fra 'goodness of fit', og generelt set ligger de kalibrerede modeller på et 'goodness of fit' på ca. 96 %.

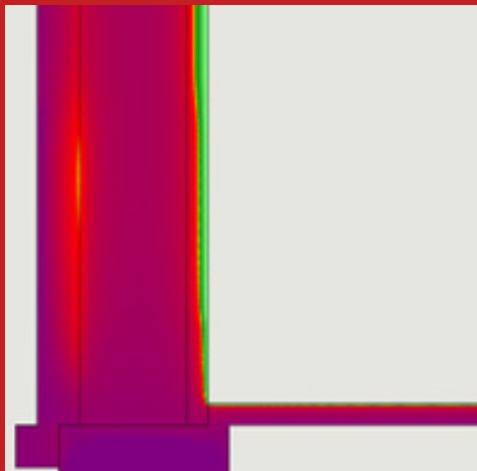
Simuleringerne er udført med baggrund i de målte temperaturer og relative luftfugtigheder. På den måde er der, i simuleringerne, taget højde for, at kælderen er renoveret med fokus på optimering af opvarmning og ventilation.

Som forventet viste resultaterne, at den relative luftfugtighed midt i ydervæggen var 100 % gennem hele forsøget. Dette skyldes dels, at muren efter 3 år ikke er udtørret gennem hele tværsnittet, samt, at fugtniveauet i teglsten skal være relativt lavt før den relative luftfugtighed nedbringes fra 100 %.

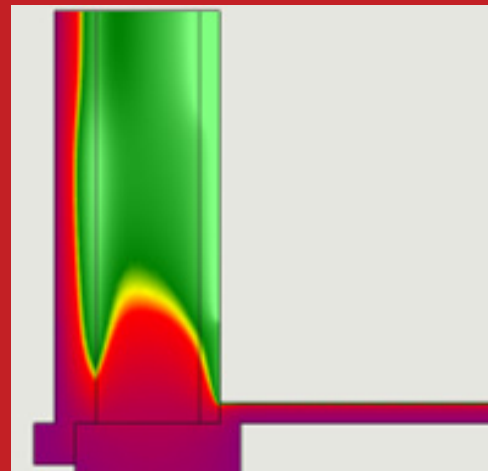
Ved simuleringer ses der, efter 10 år, en udtørring af hele væggen tværsnit, på nær i den nederste del. Denne problematik kan evt. løses ved at kombinere den anvendte løsning med en vandret fugtspærre i bunden af kælderydervæggen. Dette er dog ikke undersøgt i nærværende projekt.



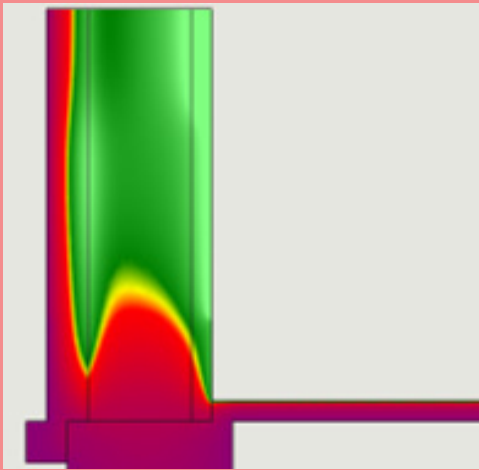
After 1 år



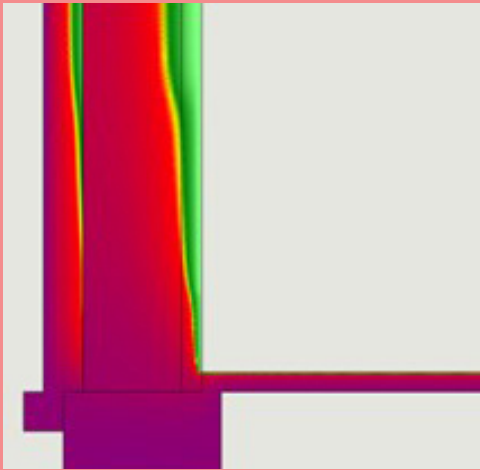
After 3 år



After 10 år



Diffusionsåben isolering



EPS-isolering + grundmursplade



Ingen isolering

Derudover viser simuleringsdata, et markant hurtigere fald i opfugtningen af kælderydervæggen, hvis der anvendes en diffusionsåben udvendig efterisoleringsløsning, sammenlignet med en diffusionstæt løsning.



Piktogram til tolkning af fugtniveauer på billeder fra simuleringer.





**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Om publikationen

Publikationen er udgivet som en del af projektet "Dokumentation af udvendig kælderisolering", som er finansieret af Grundejernes Investeringsfond (GI), og udført af Teknologisk Institut i samarbejde med Drost Fonden, Rockwool og FB Water Aps.

Publikationen er udgivet i 2024. Det er tilladt at kopiere tekst fra denne, såfremt der laves tydelig kildehenvisning.

