

2017:00200 - Fortrolig

Rapport

Varmeavgivelse i Roth gulvvarmesystem

Måling av spesifikk varmeavgivelse i laboratorium

Forfatter(e)

Halvard Høiland-Kaupang

Marius Hammer



SINTEF Byggforsk

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 OsloSentralbord: 73593000
Telefaks: 22699438byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Varmeavgivelse i Roth gulvvarmesystem

Måling av spesifikk varmeavgivelse i laboratorium

EMNEORD:

Laboratorieundersøkelse, Etasjeskiller, Golv på grunnen, Varmeanlegg, Avrettingsmasse, Rør

VERSJON

1.0

DATO

2017-06-23

FORFATTER(E)Halvard Høiland-Kaupang
Marius Hammer**OPPDRAGSGIVER(E)**

Roth Nordic AS

OPPDRAGSGIVERS REF.

Aleksandar Perkovic

PROSJEKTNR

102015143

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

15+ vedlegg

SAMMENDRAG

SINTEF Byggforsk har målt varmeavgivelse for Roth gulvvarmesystem i laboratorium. Målingene er utført både med og uten parkett. Målinger uten parkett er utført etter retningslinjer i NS-EN 1264-2. Målinger med parkett er utført på samme vis, men med avvik fra standardens utgangspunkt grunnet retningslinjer for høyeste tillatte temperatur i parketten.

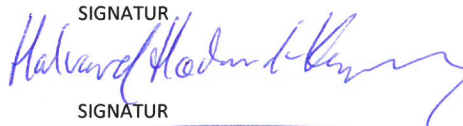
Forventet varmeavgivelse for systemet basert på målingene er:

Senteravstand	Uten parkett		Med parkett	
	35/30 °C	30/25 °C	35/30 °C	30/25 °C
150 mm	55–60 W	30–35 W	35–40 W	20–25 W
200 mm ¹	45–50 W	25–30 W	30–35 W	17–20 W
250 mm	35–40 W	20–25 W	24–27 W	14–16 W

¹ Verdiene er fastslått ved lineær interpolasjon**UTARBEIDET AV**

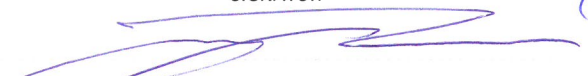
Halvard Høiland-Kaupang

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

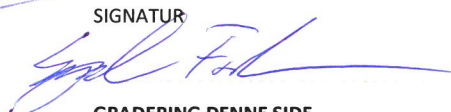
FUR Dag Henning Sæther

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Eyvind Fredriksen

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

2017:00200

ISBN

N/A

GRADERING

Fortrolig

GRADERING DENNE SIDE

Fortrolig

SINTEF ByggforskPostadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 OsloSentralbord: 73593000
Telefaks: 22699438byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Rapport

Varmeavgivelse i Roth gulvvarmesystem

Måling av spesifikk varmeavgivelse i laboratorium

EMNEORD:

Laboratorieundersøkelse, Etasjeskiller, Golv på grunnen, Varmeanlegg, Avrettingsmasse, Rør

VERSJON

1.0

DATO

2017-06-23

FORFATTER(E)Halvard Høilund-Kaupang
Marius Hammer**OPPDRAGSGIVER(E)**

Roth Nordic AS

OPPDRAGSGIVERS REF.

Aleksandar Perkovic

PROSJEKTNR

102015143

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

15+ vedlegg

SAMMENDRAG

SINTEF Byggforsk har målt varmeavgivelse for Roth gulvvarmesystem i laboratorium. Målingene er utført både med og uten parkett. Målinger uten parkett er utført etter retningslinjer i NS-EN 1264-2. Målinger med parkett er utført på samme vis, men med avvik fra standardens utgangspunkt grunnet retningslinjer for høyeste tillatte temperatur i parketten.

Forventet varmeavgivelse for systemet basert på målingene er:

Senteravstand	Uten parkett		Med parkett	
	35/30 °C	30/25 °C	35/30 °C	30/25 °C
150 mm	55–60 W	30–35 W	35–40 W	20–25 W
200 mm ¹	45–50 W	25–30 W	30–35 W	17–20 W
250 mm	35–40 W	20–25 W	24–27 W	14–16 W

¹ Verdiene er fastslått ved lineær interpolasjon**UTARBEIDET AV**

Halvard Høilund-Kaupang

SIGNATUR

KONTROLLERT AV

Dag Henning Sæther

SIGNATUR

GODKJENT AV

Eyvind Fredriksen

SIGNATUR

RAPPORTNR

2017:00200

ISBN

N/A

GRADERING

Fortrolig

GRADERING DENNE SIDE

Fortrolig

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	3
2	Energilaboratoriet	3
3	Prøveoppsett.....	3
4	Prøveobjekt.....	5
5	Resultater	6
6	Oppsummering.....	6
A	Fotodokumentasjon	7

BILAG/VEDLEGG

Ingen.

1 Innledning

Roth Nordic AS har bedt SINTEF Byggforsk måle varmeavgivelse i laboratorium for Roth gulvvarmesystem. Målinger er utført med og uten parkett og for to ulike senteravstander.

Aleksandar Perkovic og Audun Martinsen har vært kontaktpersoner for Roth Nordic. Marius Hammer og Halvard Høilund-Kaupang har vært kontaktpersoner for SINTEF. Målingene er utført av Marius Hammer.

2 Energilaboratoriet

Energilaboratoriet for gulvvarme er lokalisert hos SINTEF Byggforsk i Forskningsveien 3B i Oslo. Laboratoriets mål er (L x B x H) 4,0 x 4,0 x 3,0 m og følger krav i NS-EN 1264-2.

Alle vegg-, tak- og gulvflater er paneler med innebygd vannbåret varme-/kjøleanlegg som gjør det mulig å simulere forskjellige temperaturforhold i rommet. Se Foto 1. Vegger, tak og gulv er bygget av sandwichpaneler med 100 mm polyuretanskum og aluminiumsplate på hver side. Aluminiumen mot innsiden har i tillegg spor for varme-/kjølerør. Vegger, gulv og tak er koblet mot et varme- og kjøleanlegg med varmtvann og isvann for regulering av temperatur.

3 Prøveoppsett

Prøveobjektet monteres i laboratoriet med tilstrekkelig varmeisolasjon til å forhindre nedadrettet og sideveis varmestrøm. Varmeavgivelse er målt etter retningslinjer i NS-EN 1264-2 basert på temperaturmåling i luften med globetermometer og overflatetemperatur for prøveobjektet. Retningslinjer for plassering av temperaturfølere på overflaten er vist i Figur 1 (neste side).

Prøving utføres ved at temperaturen til varmemediet (her vannet) og temperaturen i rommets overflater justeres slik at stasjonære forhold etableres og:

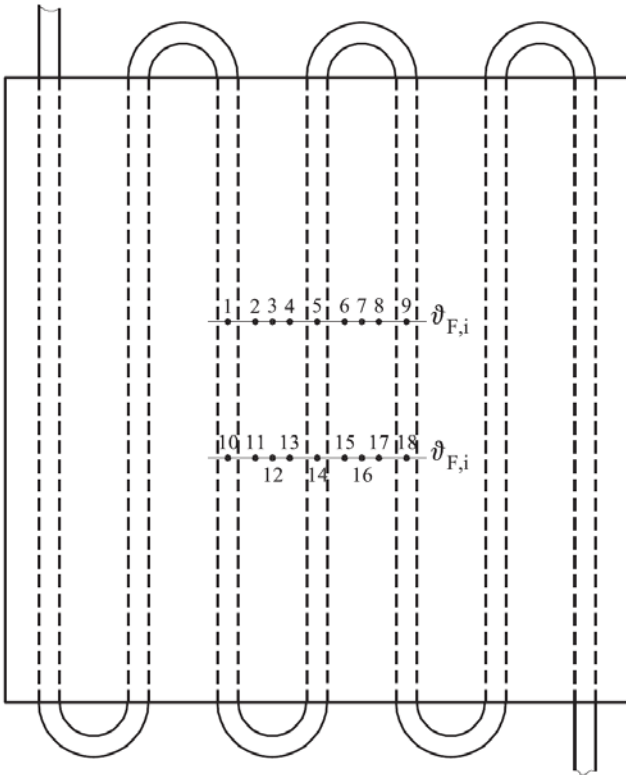
- Forskjell i tur- og returtemperatur, $\vartheta_V - \vartheta_R$, er mindre enn 0,5 K,
- Lufttemperaturen er $\vartheta_l = 20 \pm 0,5$ °C,
- Maksimal overflatetemperatur ikke overstiger 29 °C,
- Forskjell mellom maksimal overflatetemperatur og lufttemperaturen er 9 K.

Temperaturer som inngår i beregning av ytelse er et gjennomsnitt over 30 min med stasjonære forhold.

Maksimal overflatetemperatur på gulvet, $\vartheta_{F,Max}$, beregnes som gjennomsnittet av de to temperaturfølerne over midtrøret ($\vartheta_{F,5}$ og $\vartheta_{F,14}$) i oppsettet.

Gjennomsnittlig overflatetemperatur, $\vartheta_{F,m}$, beregnes som et gjennomsnitt over alle følere, men der bidraget fra kantrørene gis halv vekt. Beregning skjer etter formelen:

$$\vartheta_{F,m} = \frac{\sum_{i=2}^8 \vartheta_{F,i} + \sum_{i=11}^{17} \vartheta_{F,i} + \frac{\vartheta_{F,1} + \vartheta_{F,9} + \vartheta_{F,10} + \vartheta_{F,18}}{2}}{16} \quad (1)$$



Figur 1: Leggeanvisning og retningslinjer for plassering av temperaturfølere

Spesifikk varmeavgivelse, q_N , fra gulvet beregnes så etter en sammenheng mellom forskjellen i gjennomsnittlig overflatetemperatur for gulvet og lufttemperaturen i rommet som:

$$q_N = 8,92 \cdot (\vartheta_{F,m} - \vartheta_i)^{1,1} \quad (2)$$

Spesifikk varmeavgivelse, q_N , angir ved standard temperaturforskjell $\Delta\vartheta_0 = \vartheta_{F,max} - \vartheta_i = 9 \text{ K}$ også maksimal tillatt effekt, q_G . Maksimal tillatt effekt er den effekten som skal til for at gulvet ikke har ukomfortabelt høy temperatur, dvs. at overflatetemperaturer ligger mer enn 9 K over lufttemperaturen.

Fra spesifikk varmeavgivelse, q_N , kan et stigningstall, $K_{H,N}$ regnes ut som:

$$K_{H,N} = \frac{q_N}{\Delta\vartheta_N} \quad (3a)$$

$$\Delta\vartheta_N \equiv \Delta\vartheta_H = \frac{\vartheta_V - \vartheta_R}{\ln\left(\frac{\vartheta_V - \vartheta_i}{\vartheta_R - \vartheta_i}\right)} \quad (3b)$$

Her er $\Delta\vartheta_H$ er logaritmisk gjennomsnittlig temperaturforskjell mellom vann- og lufttemperatur, ϑ_i lufttemperaturen i rommet og ϑ_V og ϑ_R , henholdsvis, tur- og returtemperatur på vannet.

Hvis måleoppsettet ikke stabiliseres ved akkurat $\vartheta_{F,max} - \vartheta_i = 9 \text{ K}$ kan varmeavgivelsen korrigeres som beskrevet nedenfor for å gi en orienterende verdi, $q_{N,korr}$, som gir en pekepinn på hva som er maksimal tillatt effekt når temperaturforskjellen avviker fra standard temperaturforskjell $\Delta\vartheta_0 (= 9 \text{ K})$. Korreksjonen gjelder

både spesifikk varmeavgivelse, q_N , og påvirker i neste ledd stigningstallet, $K_{H,N}$. Korreksjonen er definert som:

$$q_{N,korr} = q_N \cdot \varphi(\Delta\vartheta_0) \quad (4a)$$

$$\varphi(\Delta\vartheta_0) = \left(\frac{\Delta\vartheta_0}{\vartheta_{F,max} - \vartheta_i} \right)^{1,1} \quad (4b)$$

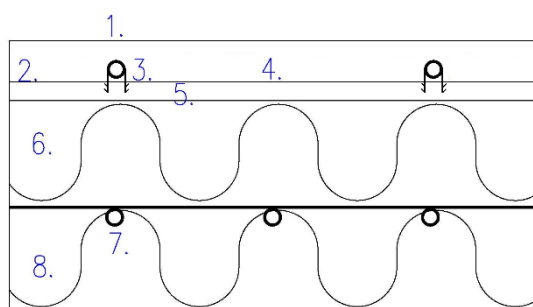
Prøving med gulvbelegg skal etter standarden utføres for et standard gulvbelegg med varmemotstand $R_{\lambda,B} = 0,15 \pm 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ hvis verdien skal brukes til å lage karakteristiske kurver for flere typer gulvbelegg med ulik varmemotstand. Kurver regnes da ut for $R_{\lambda,B} = 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$ og $R_{\lambda,B} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ i tillegg. Prøving er gjort med parkett på ett lag ullpapp, noe som tilsvarer et varmemotstand på ca. $0,13\text{--}0,14 \text{ m}^2\text{K/W}$. Rapporterte verdier for parkett er derfor utenfor standardens retningslinjer og gjelder derfor parkett. Karakteristiske kurver for andre gulvbelegg er ikke beregnet.

For prøving med parkett er ikke krav om temperaturforskjell mellom maksimal overflatetemperatur og lufttemperatur 9 K møtt grunnet krav/anbefalinger om maksimal overflatetemperatur for parkett på $26 \text{ }^\circ\text{C}$. Største tillatte temperaturforskjell er derfor justert ned til $\Delta\vartheta_0 = 6 \text{ K}$. En orienterende maksimal varmeavgivelse, $q_{N,korr}$ er regnet ut på samme måte som for prøvingen uten parkett (ligning 4a og 4b), men med standard temperaturforskjell $\Delta\vartheta_0 = 6 \text{ K}$.

4 Prøveobjekt

Roth gulvvarmesystem er et vannbåret gulvvarmesystem med SINTEF Teknisk Godkjenning TG 2466. Gulvvarmesystemet består av følgende komponenter (ovenfra og ned, se Figur 2):

1. Ev. 14 mm trestavs klikkparkett på ullpapp
2. 35 mm Heydi Proplan Multi avrettingsmasse
3. 16 mm Roth X-PERT rør S5 i festeklips
4. Tett duk (del av Roth Tacker systemrull EPS)
5. 25 mm Roth Tacker systemrull EPS
6. 200 mm EPS isolasjon mellom prøveobjekt og laboratoriegulv
7. Vannrør med fordelingsplate i laboratoriegulvet
8. Laboratoriegulv av isolert sandwichpanel



Figur 2: Prinsippskisse for gulvkonstruksjon (del 1–5 utgjør prøveobjektet)

Vannrør er montert med senteravstand 150 og 250 mm. Alle prøveobjekter er montert av Roth Nordic AS.

Fotodokumentasjon på montasje og prøving er vist i Tillegg A i Foto 2–Foto 18.

5 Resultater

Målt varmeavgivelse og stigningstall er oppsummert i Tabell 1. Målte verdier er rapportert sammen med orienterende verdier korrigert etter ligning (4a) og (4b).

I Tabell 2 er forventet varmeavgivelse for to tur-/retur-temperaturer angitt. Varmeavgivelse for andre tur-/returtemperaturer kan beregnes etter følgende formel:

$$q = K_H \cdot \Delta\vartheta_H \quad (5)$$

der K_H er rapportert stigningstall og $\Delta\vartheta_H$ beregnes etter ligning (3b).

Tabell 1: Spesifikk varmeavgivelse og stigningstall for de målte objektene. Korrigerede verdier er orienterende resultater og markert med kursiv

Røravstand	Parkett	Temperaturer °C					$\Delta\vartheta_0$	Varmeavgivelse W		Stigningstall W/K	
		ϑ_V	$\vartheta_{F,Max}$	ϑ_m	ϑ_l	q_N		$q_{N,korr}$	K_H	$K_{H,korr}$	
150 mm	Nei	35,0	27,6	25,8	19,6	9 K	66,1	<i>76,1</i>	4,4	<i>5,0</i>	
	Ja	35,0	24,5	23,7	19,7	6 K	41,0	<i>52,4</i>	2,7	<i>3,5</i>	
250 mm	Nei	37,3	27,7	24,6	20,0	9 K	48,0	<i>57,3</i>	2,8	<i>3,4</i>	
	Ja	41,6	25,5	24,2	19,8	6 K	45,6	<i>48,2</i>	2,1	<i>2,2</i>	

Tabell 2: Forventet varmeavgivelse beregnet etter ligning (5) for ulike senteravstander og tur/returtemperatur 35/30 °C og 30/25 °C

Senteravstand	Uten parkett		Med parkett	
	35/30 °C	30/25 °C	35/30 °C	30/25 °C
150 mm	55–60 W	30–35 W	35–40 W	20–25 W
200 mm ¹	45–50 W	25–30 W	30–35 W	17–20 W
250 mm	35–40 W	20–25 W	24–27 W	14–16 W

¹ Anslått ved lineær interpolasjon

6 Oppsummering

SINTEF Byggforsk har på oppdrag for Roth Nordic AS målt varmeavgivelse i laboratorium for Roth gulvvarmesystem. Målingene er utført etter retningslinjer gitt i NS-EN 1264-2:2008. Noen avvik er gjort fra prøvestandarden for temperaturforskjeller mellom maksimal overflatetemperatur og lufttemperatur.

Målinger er utført på nakent gulv og med parkett og for to senteravstander – 150 og 250 mm. Verdier for senteravstand 200 mm er anslått ved lineær interpolasjon.

Forventet varmeavgivelse er, avhengig av senteravstand, 35–60 W uten parkett og med tur-/returtemperatur 35/30 °C og 20–35 W med tur-/returtemperatur 30/25 °C. Med parkett er forventet varmeavgivelsen for det samme gulvet 24–40 W med tur-/returtemperatur 35/30 °C og 14–25 med tur-/returtemperatur 30/25 °C.

A Fotodokumentasjon



Foto 1: Energilaboratoriet for gulvvarme med deler av varme-/kjøleanlegget

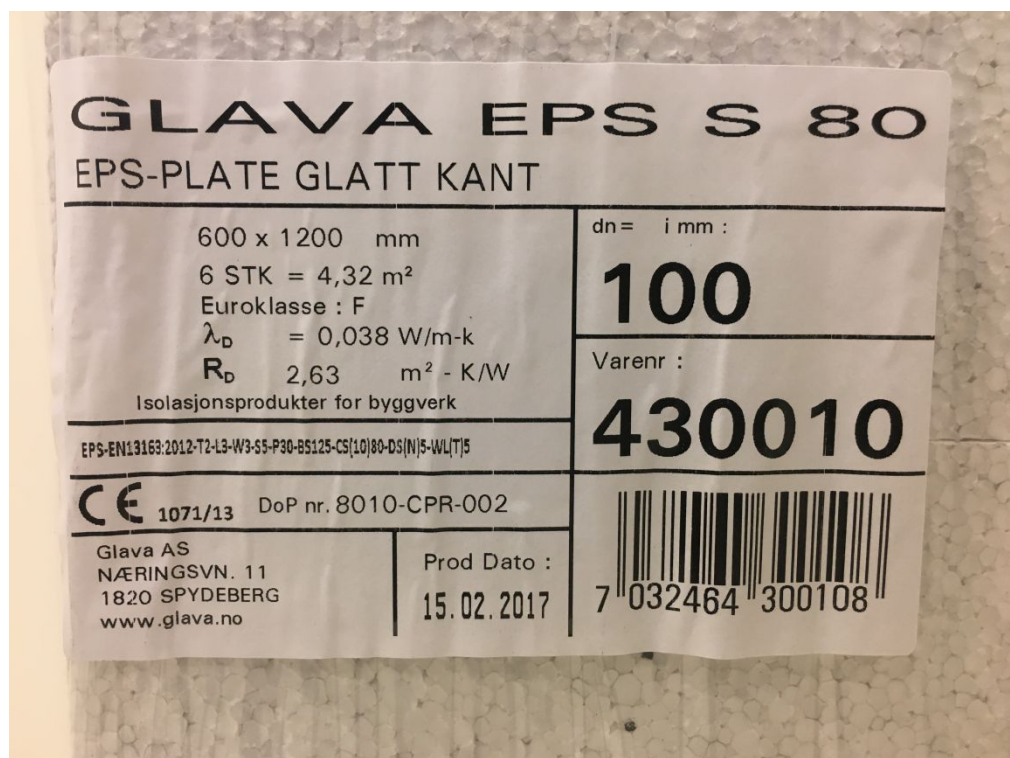


Foto 2: EPS-isolasjon til bygging av støpekar



Foto 3: Støpekar av EPS



Foto 4: Rør brukt i gulvvarmesystemet

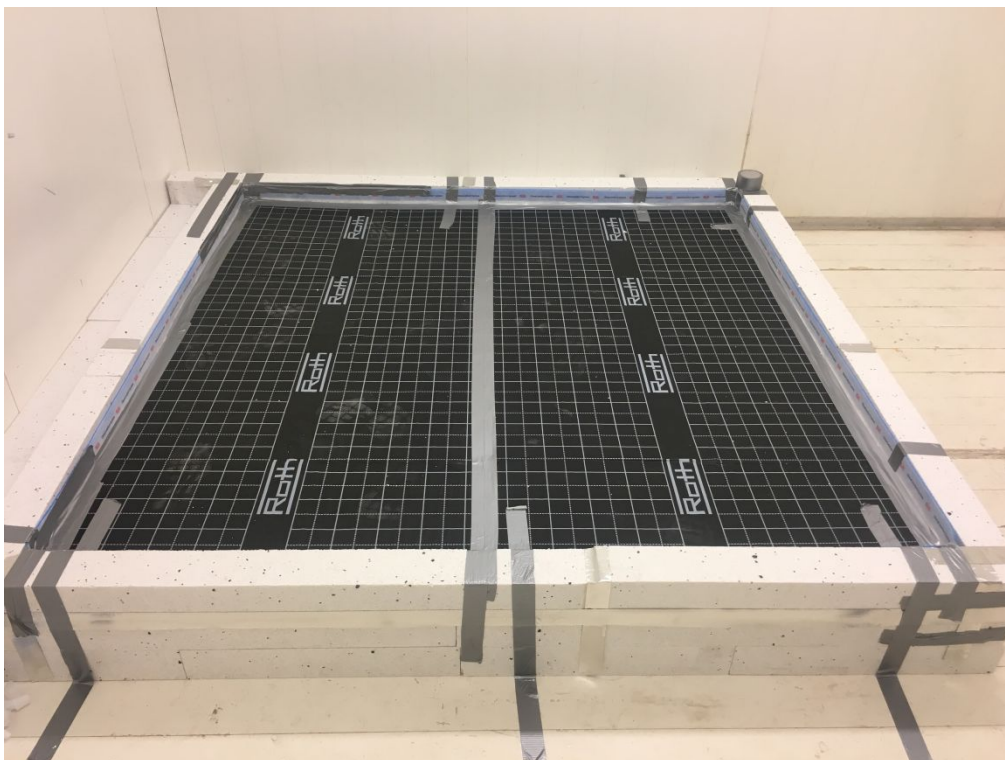


Foto 5: Trinnlydmatte Roth Tacker rull lagt i karet

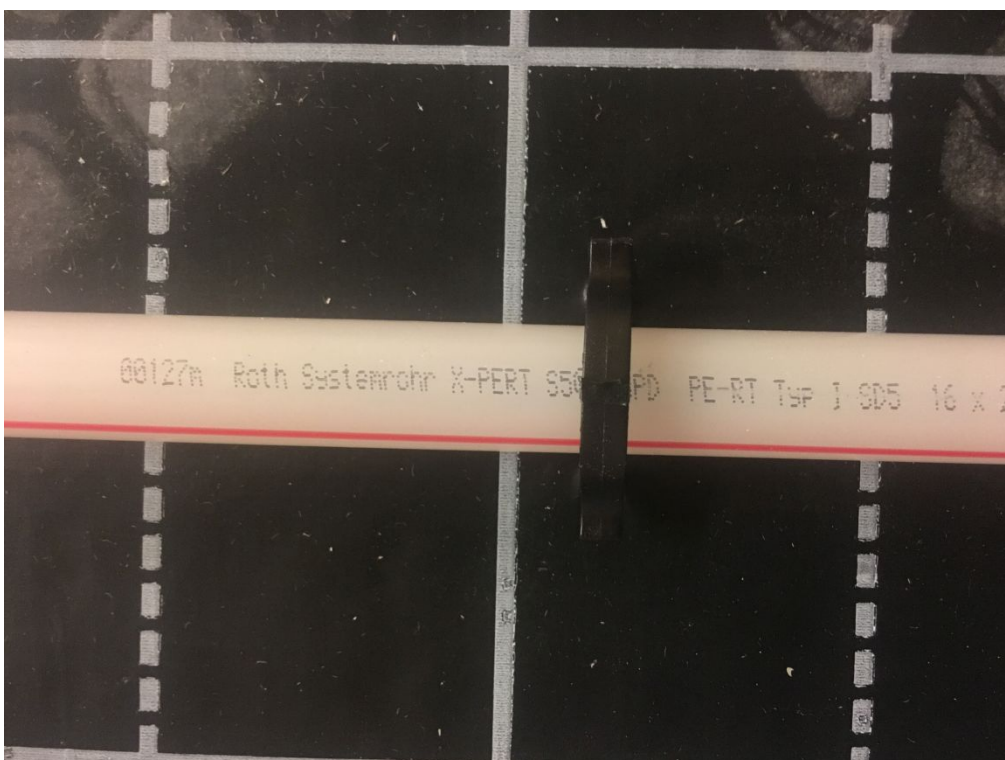


Foto 6: Festeklips for rør



Foto 7: Prøveobjekt med senteravstand 150 mm



Foto 8: En planke ble brukt til å markere hvor senterrøret var plassert



Foto 9: Støpedybde 35 mm for objekt med senteravstand 150 mm



Foto 10: Utstøping av golv med senteravstand 150 mm

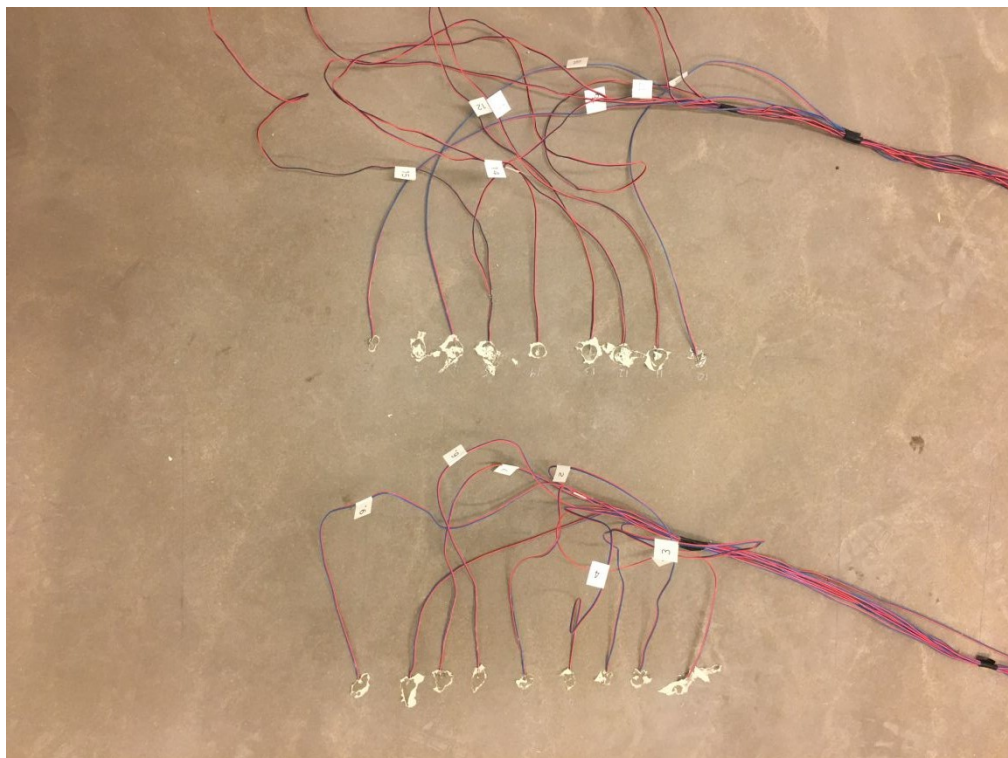


Foto 11: Plassering av temperaturfølere



Foto 12: Parkett brukt for prøving

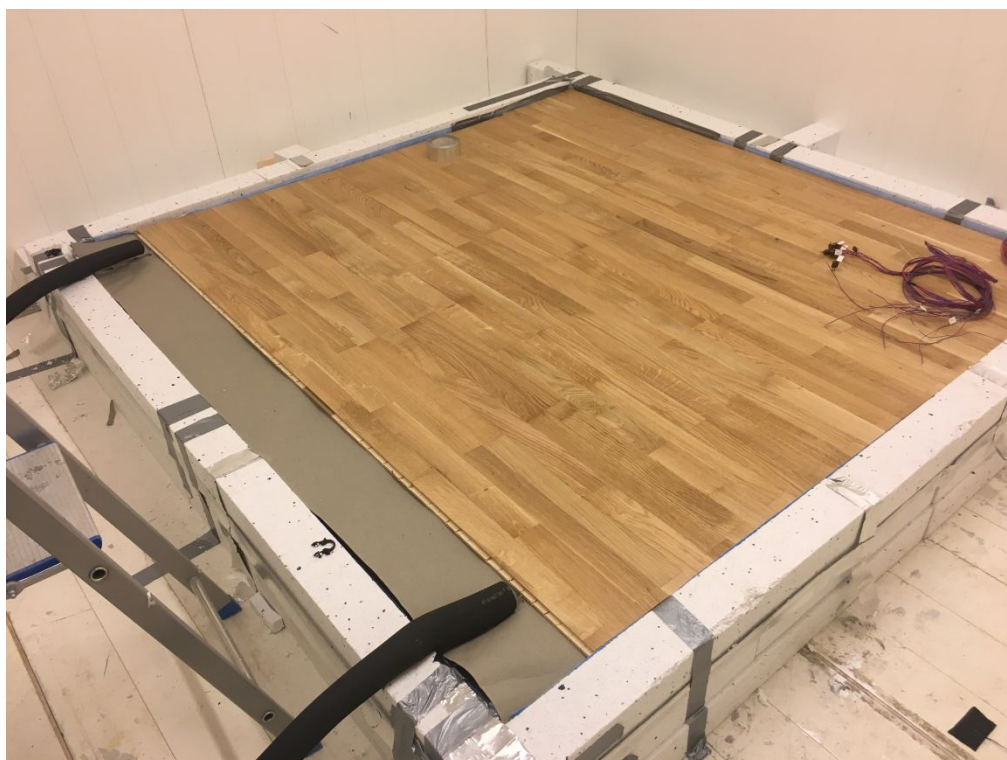


Foto 13: Prøveobjekt med parkett lagt ut



Foto 14: Prøveobjekt med senteravstand 250 mm

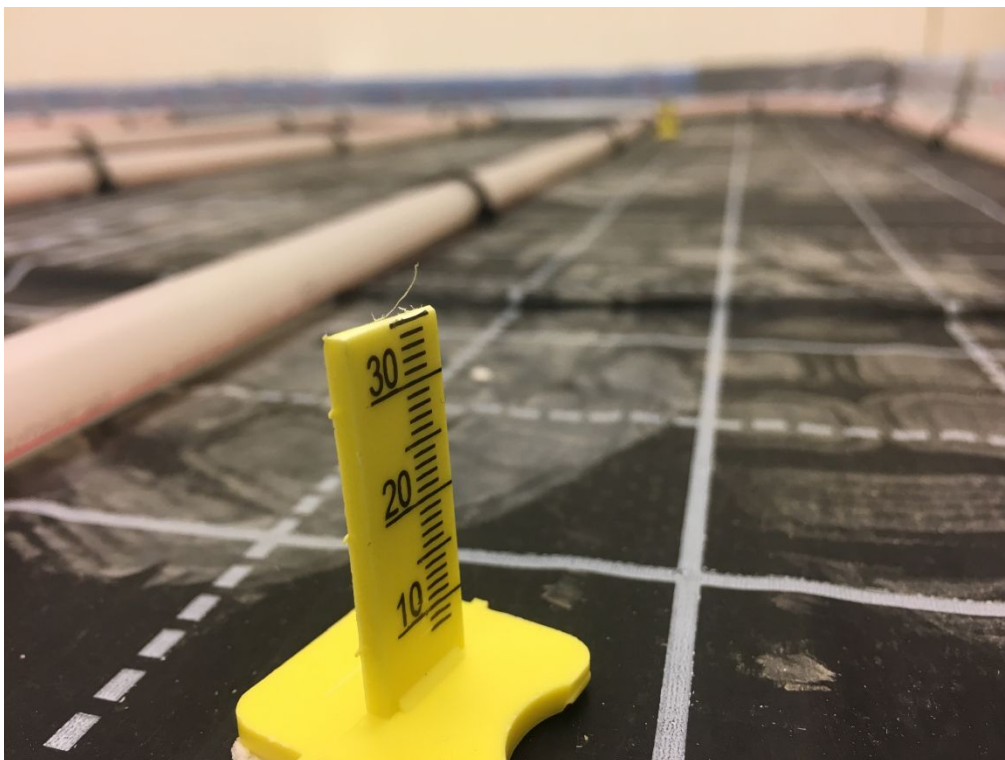


Foto 15: Støpedybde for objekt 250 mm

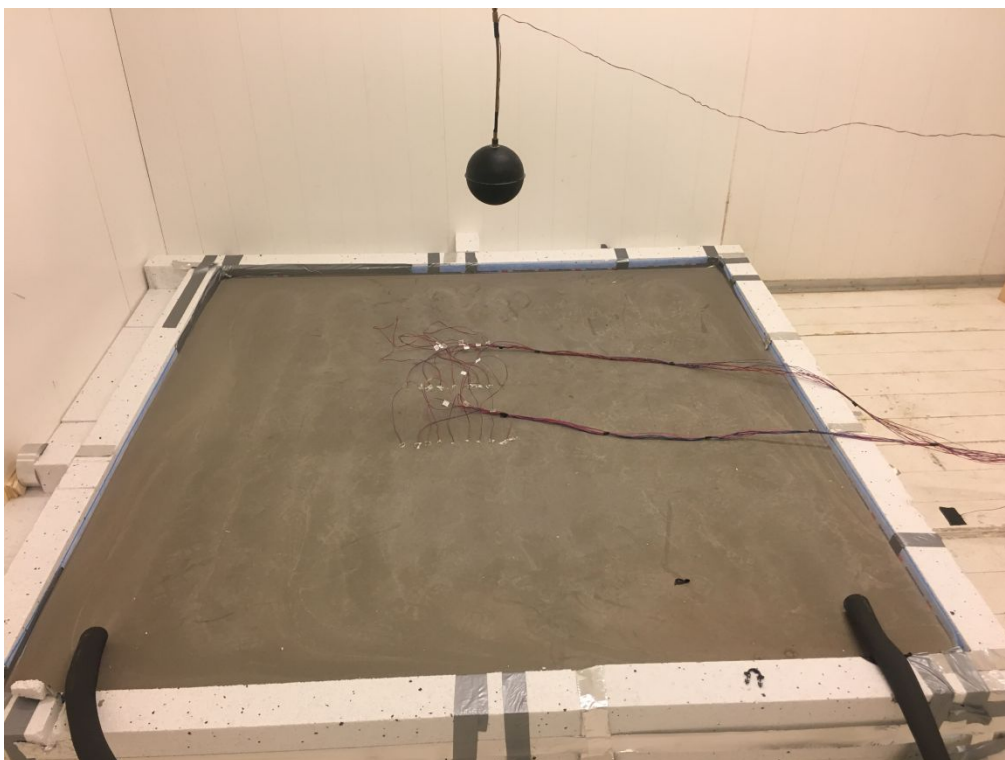


Foto 16: Ferdig støpt gulv med temperaturfølere



Foto 17: ferdig gulv med parkett og temperaturfølere



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no