

## Afleveringsopgave 2: Flerdimensional Varmetransport

Præsenteret: 19. november 2025 11:30

Skal afleveres: 2. december 2025 23:59

### Om opgaven:

Hver gruppe skal bruge en gruppekode, der dannes ud fra det sidste ciffer i gruppemedlemmernes studienumre. Hvis det sidste ciffer er 0, så ”oversæt” det til 10 (uanset hvad det næstsidste ciffer er). For eksempel, når s254562 arbejder sammen med s242533, s250736 og s243320, har gruppen koden  $2 + 3 + 6 + 10 = 21$ .

### Om besvarelsen

Resultaterne skal præsenteres i en skriftlig besvarelse, hvori de udførte analyser og opstillede modeller dokumenteres. Regneark, I udformer, og *COMSOL* model-filer skal ledsage besvarelsen. *COMSOL*-fil er skal afleveres efter der er foretaget ”Clear all studies” (så filerne ikke fylder så meget)

I besvarelsen kan I holde jer til at svare på spørgsmålene og i fornødent omfang dokumentere, hvordan I har gjort. Besvarelsen skal være så kort som muligt, men alligevel komplet nok til, at en anden person, der kender teorien og *COMSOL*-programmet, vil kunne gentage det, I har gjort ud fra de beskrivelser, I giver.

I denne opgave behøves dermed ikke ”udenoms” tekst, fx indledning & konklusion. Men I må meget gerne arbejde med at sætte besvarelsen op, så den er pæn og tilgængelig 😊

Det skal anføres i besvarelsen, hvem der har haft hovedansvar for at løse de enkelte spørgsmål. Lav en tabel i starten af opgavebesvarelsen, der beskriver, hvordan fordelingen mellem jer har været pr. spørgsmål. Bemærk at DTU ved gruppebesvarelser ikke accepterer, hvis I blot skriver at I har delt ansvaret ligeligt mellem jer. Arbejds- og ansvarsbelastningen skal være nogenlunde ligelig imellem jer i gruppen, og alle i gruppen vil ved bedømmelsen altid blive tillaget et vist medansvar for kvaliteten af den samlede besvarelse.

Den skriftlige besvarelse og de tilhørende filer afleveres ved at uploadet dem på DTU Learn / Course Content / Opgaver.

## Del 1: Temperaturfordeling i 2-dimensionale legemer

### Opgave 1 (20 %)

I skal kontrollere COMSOL's evne til at beregne temperaturen inden for et to-dimensionalt område. Dette gøres ved at undersøge temperaturerne i et rektangulært tværsnit af en homogen bjælke. Tværsnittets bredde i meter modsvarer summen af de sidste cifre i studienummeret på de to studerende i gruppen, der har de laveste slutcifre divideret med 20 (fx  $(2+3)/20 = 0,25$  m for ovenstående gruppe), medens højden modsvarer summen af de sidste cifre i de to andre studerendes studienumre divideret med 20 ( $(6+10)/20 = 0,80$  m for ovennævnte gruppe).

Overfladetemperaturen på to af bjælkens sider er  $20^\circ\text{C}$ , én side er på  $5^\circ\text{C}$ , og den sidste side er  $25^\circ\text{C}$ . Benyt COMSOL til at finde temperaturen tre forskellige selvvalgte steder inden for tværsnittet og sammenlign med analytisk bestemte temperaturer de samme steder.

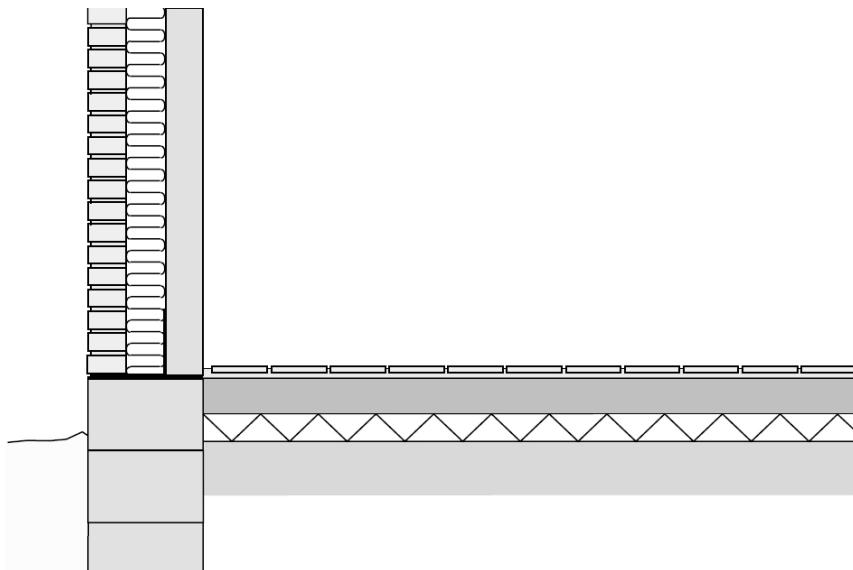
### Opgave 2 (15%)

Bjælken er lavet af armeret tegl:  $\rho = 1750 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 0,78 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ,  $c_p = 900 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ . Antag nu at begyndelsestemperaturen er  $0^\circ\text{C}$ . Brug COMSOL til at bestemme temperaturen i midten af bjælkens tværsnit til tiden  $t$ , efter at omgivelsernes temperatur ændres til  $20^\circ\text{C}$ .  
 $t = \sqrt{\text{jeres gruppens nøgletal}} \cdot 15.000\text{s}$  (fx hvis gruppens nøgletal er 23, er  $t = 71.937 \text{ s}$  - altså  $19,98 \text{ h}$ ). Varmeovergangstallet mellem omgivelserne og bjælkens overflader er  $h = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### Opgave 3 (15%)

Benyt COMSOL til at bestemme formfaktoren for et vinkelret hjørne af en massiv mur, der overalt består af ét materiale, der har isotropiske egenskaber. Formfaktoren bestemmes, så den udtrykker den ekstra varmeoverføring, der finder sted gennem hjørnesamlingen på grund af forskellen mellem de indendørs og udendørs overfladetemperaturer. Hvor godt stemmer den værdi, I finder, overens med den værdi, der kan findes i litteraturen, fx i forelæsningsnotatet om *Multidimensional Heat Conduction?*

## Del 2: Undersøgelse af et fundament



Et opvarmet rum i en én-etasjes bygning har terrændæk, ydervæg og fundament som vist i figuren med materialer og dimensioner som angivet nedenfor. Værdier for de termofysiske egenskaber af materialerne kan tages fra Dansk Standard DS418, hvis de ikke fremgår direkte i nedenstående tekst. Individuelle dimensioner på konstruktionerne, der skal anvendes af de forskellige grupper, fremgår af tabellen på sidste side. Der er IKKE gulvvarme i bygningen.

**Terrændæk (beskrevet fra toppen):**

25 mm gulvfliser lagt i

10 mm mørtel (massefylde  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ ).

A mm beton (massefylde  $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$ ), støbt direkte på

B mm ekspanderet polystyren (EPS), designværdi af varmeledningsevnen:  $\lambda = 0,033 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

150 mm letklinker (LECA), designværdi af varmeledningsevne under tørre forhold:

$\lambda = 0,085 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

**Fundamentet** består af in-situ støbt beton (massefylde  $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$ ), hvorpå der er lagt to blokke af letbeton (beton med tilslag af letklinker). Letbetonblokkene har en samlet højde på 400 mm og varmeledningsevne  $\lambda = 0,24 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Oversiden af øverste letbetonblok ligger 150 mm over den udvendige jordoverflade, og fundamentet går ned til en dybde på 0,90 m under den udvendige jordoverflade.

**Ydervæg (beskrevet fra ydersiden):**

108 mm formur af murværk (massefylde  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ )

C mm hulrum, helt fyldt med mineraluld med designværdi for varmeledningsevnen,  $\lambda = 0,037 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ,

100 mm bagmur af porebeton som færdigstøbte elementer (massefylde  $\rho = 625 \text{ kg/m}^3$ ).

Opgave 4 (50%)

Bestem den lineære transmissionskoefficient af fundamentet ( $\Psi_f$ ).

Brug metoden i DS 418, 7. udgave, bilag D, dvs. instationær beregning.

# 12601 Termisk bygningsfysik

Gruppekode	A	B	C
2	80	50	140
3	80	75	140
4	80	100	140
5	80	125	140
6	80	150	130
7	80	175	130
8	80	200	130
9	90	50	130
10	90	75	120
11	90	100	120
12	90	125	120
13	90	150	120
14	90	175	110
15	90	200	110
16	100	50	110
17	100	75	110
18	100	100	100
19	100	125	100
20	100	150	100
21	100	175	100
22	100	200	150
23	110	50	150
24	110	75	150
25	110	100	150
26	110	125	160
27	110	150	160
28	110	175	160
29	110	200	160
30	120	50	170
31	120	75	170
32	120	100	170
33	120	125	170
34	120	150	180
35	120	175	180
36	120	200	180
37	130	50	180
38	130	75	190
39	130	100	190
40	130	125	190