

# OSLOMET

FAKULTET FOR TEKNOLOGI, KUNST OG DESIGN

TEKNOLOGISKE FAG

## Eksamen i: Byggfaglig innføring

Målform: Bokmål

Dato: 19.12.23

Tid: 09.00-12.00

Antall sider (inkl. forside): 7

Antall oppgaver: 6

Tillatte hjelpemidler: Skrive- og tegnesaker. Håndholdt kalkulator som ikke kommuniserer trådløst og som ikke kan regne symbolsk. Dersom kalkulatoren har mulighet for lagring i internminnet skal minnet være slettet. Forhåndsgodkjent ordbok.

Merknad: Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig. Ved eventuelle uklarheter i oppgaveteksten skal du redegjøre for de forutsetninger du legger til grunn for løsningen.

Besvarelsen skal merkes med kandidatnummer, ikke navn. Bruk blå eller sort kulepenn på innføringsarket.

Faglig veileder: Haidar Hosamo Hosamo

Emnekode: BYFE1201

## OPPGAVE 1 (35%)

En veggkonstruksjon i et trehus skal bygges opp som følger, angitt fra innvendig side og utover: 9 mm gipsplate, 0,15 mm plast(polyetylen)folie, stenderverk med stendere av 48x198 i senteravstand 600 mm og hulrom fylt med isolasjon kl 35, 11 mm halvharde plater (MBH) og utvendig ventilert kledning. I stenderverket er det mellom stendere innsatt horisontale spikerslag av samme dimensjon som stendere. Senteravstand mellom disse (og fra bunn- og toppsvill) i vertikal retning er 700 mm.

a)

Hva er denne veggens U-verdi? Skal dokumenteres ved hjelp av beregning.

b)

Du skal nå forutsette situasjonen + 20 grader og RF=60% inne, og - 20 grader og RF=80% ute for den angitte konstruksjonen.

Hva blir den relative fuktigheten på de ulike sjiktgrensene?

Skal vises ved beregning.

Dampmotstand for 9 mm gips er 0.3 og for halvharde plater (MBH) 11 mm er 0.83.

For å beregne den relative fuktigheten på de ulike sjiktgrensene kan følgende formel benyttes:

$$P(x) = P_1 + \frac{(P_2 - P_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot (x - x_1) \quad (1)$$

Hvor:

- $P(x)$  er trykket ved  $x$  grader Celsius.
- $P_1$  er trykket ved  $x_1$  grader Celsius (2195 ved 19 grader).
- $P_2$  er trykket ved  $x_2$  grader Celsius (2335 ved 20 grader).
- $x$  er den ønskede temperaturen (for eksempel 19.2 grader).

c)

Vil det oppstå kondens i veggen, hvorfor?

d)

Tegn veggens sjikt basert på beregningen og skriv inn fuktighet og temperatur på hvert sjikt.

**Notat:**

- $\Delta T$  og  $\Delta \theta$  er antatt å være det samme.

## OPPGAVE 2 (15%)

Denne oppgaven omfatter tegning av en vegg sett i oppriss (sett rett forfra). Tegningen skal være i prinsipp og uten tanke på material.

Veggen vises i et horisontalsnitt og med gitte mål, utsparinger og kotehøyder i fig under.

Veggen står mellom to dekker (gulv), begge med tykkelse 300 mm og der det nedre har kotehøyde + 7m i overkant, det øvre +10,550m i underkant.

Tegn den forutsatte veggen i oppriss, fra og med uk dekket under til og med ok dekket over, og i en passende målestokk!

Alle relevante mål, dimensjoner og kotehøyder skal medtas!

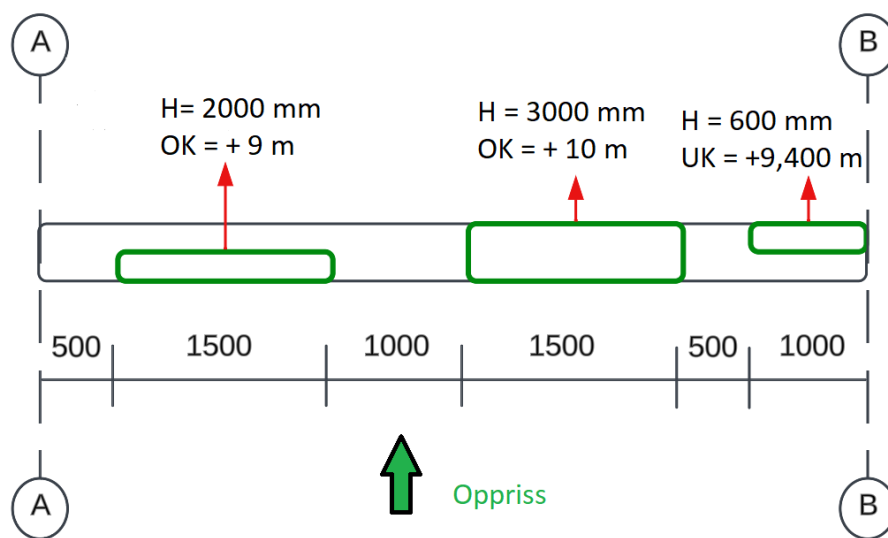


Figure 1: Horisontalsnitt av veggen med mål og kotehøyder.

## OPPGAVE 3 (20%)

### Tema: Energieffektivitet og termisk ytelse i bygningsdesign

Du er en bygningsingeniør som jobber med design av en ny skolebygning i et kaldt klima. Bygningen skal være energieffektiv, komfortabel for studenter og ansatte, og motstå de tøffe klimatiske forholdene.

1. **Varmetransport gjennom bygningsdeler:** Forklar de tre hovedformene for varmetransport gjennom en bygningsdel av fast stoff og hulrom. Hvordan påvirker disse formene valget av byggematerialer og konstruksjonsmetoder?
2. **Dimensjonerende varmekonduktivitet:** Beskriv viktigheten av dimensjonerende varmekonduktivitet for bygningsmaterialer. Hvordan kan denne verdien påvirke bygningens energieffektivitet og komfort?
3. Hva er de tekniske kravene som er nevnt i Plan- og bygningsloven (PBL) 2008, og hvordan påvirker de byggverk?
4. Hva er hovedprinsippene bak et passivhus, og hvilke tekniske løsninger benyttes for å oppnå disse prinsippene?

## OPPGAVE 4 (10%)

På hvilken måte er BIM (Bygningsinformasjonsmodellering) forbundet med ideen om en 'digital tvilling', og hvilken betydning har disse teknologiene for dagens forvaltning og vedlikehold av bygninger?

## OPPGAVE 5 (10%)

Beskriv essensen av klimaresponsiv design, også kjent som bioklimatisk design. Hvordan er denne tilnærmingen forskjellig fra konvensjonell klimatilpasset arkitektur, og hvilke fordeler tilbyr den med tanke på energieffektivitet og bærekraft?

## Oppgave 6 (10%)

Definer følgende nøkkelbegreper som er sentrale i byggfaglig sammenheng:

1. Urbanisering
2. Byggteknisk forskrift – TEK17
3. Termisk masse
4. Varmeøyeleffekt
5. Inneklima

Gi en kort forklaring på hvert begrep og dets relevans i byggeprosjekter.

Tabell 4.2.3

Dimensjonerende varmekonduktivitet for standardklasser av vanlige isolasjonsmaterialer

Materiale	$\lambda_d$ W/(mK)
Mineralull	0,034 0,037 0,040
Mineralull, drensplater	0,040
Mineralull, horisontalt i grunnen, drenert	0,060
Løsuill av mineralull på åpen flate (utblåst på kaldt loft)	0,040 0,043 0,046
Løsuill av mineralull i lukket hulrom (vegger og lukkede etasjeskillere)	0,043 0,046
Cellulose, fuktbeskyttet bygningsdel	0,041 0,045
Polyuretanskum (PUR)	0,022 0,024 0,026
Ekspandert polystyren (EPS)	0,033 0,036 0,039
Ekspandert polystyren (EPS), drensplate	0,042
EPS, frostsikring i grunnen, drenert	0,050
Ekstrudert polystyren (XPS)	0,032 0,034 0,036 0,038
Ekstrudert polystyren (XPS), drensplate	0,031 0,034 0,037
Ekstrudert polystyren (XPS), horisontalt i grunnen	0,034 0,037 0,040
Ekstrudert polystyren (XPS) på omvendte tak <sup>1)</sup>	
– uttøringsgruppe 1 ( $\lambda_0 = 0,034$ W/(mK))	0,035
– uttøringsgruppe 2 ( $\lambda_0 = 0,034$ W/(mK))	0,036
– uttøringsgruppe 3 ( $\lambda_0 = 0,034$ W/(mK))	0,037
– uttøringsgruppe 4 ( $\lambda_0 = 0,034$ W/(mK))	0,038
– uttøringsgruppe 1 ( $\lambda_0 = 0,038$ W/(mK))	0,039
– uttøringsgruppe 2 ( $\lambda_0 = 0,038$ W/(mK))	0,040
– uttøringsgruppe 3 ( $\lambda_0 = 0,038$ W/(mK))	0,041
– uttøringsgruppe 4 ( $\lambda_0 = 0,038$ W/(mK))	0,043
Lettklinker, løs granulat	
– i fuktbeskyttet bygningsdel	0,12
– golv på grunn, over kapillærbrytende lag	0,12
– horisontalt i grunnen, utendørs, golv på grunn	0,18
– kapillærbrytende og drenerende lag drenert	0,18

Tabell 4.2.5

Dimensjonerende varmemotstand basert på NS-EN 12524 og NS 3031

Materiale	$R$ m <sup>2</sup> K/W
Trevirke	
– 13 mm	0,10
– 15 mm	0,11
– 19 mm	0,14
Kryssfiner	
– 6 mm	0,04
– 9 mm	0,06
– 15 mm	0,11
– 19 mm	0,14
Gipsplater	
– 6 mm	0,03
– 9 mm	0,04
– 13 mm	0,06
Sponplater	
– 12 mm	0,08
– 22 mm	0,15
Trefiberplater, medregnet MDF	
– porøse plater (SB), 12 mm	0,17
– porøse plater (SB), 18 mm	0,25
– halvharde plater (MBH), 6 mm	0,06
– halvharde plater (MBH), 9 mm	0,09
– halvharde plater (MBH), 11 mm	0,18
– harde plater (HB), 3,2 mm	0,03
Asfalttakbelegg eller takfolie	0,03
Vindspærre av papp eller dampspærre av folie	0,03
Golvbelegg	
– vinyl, linoleum, gummi	0,03
Murverk over grunnen	
– 200 mm betonghullblokk	0,34
– 250 mm betonghullblokk	0,47
– 108 mm mangehullstegl, densitet 1 600 kg/m <sup>3</sup>	0,16

Tabell 4.2.4

Dimensjonerende varmekonduktivitet for andre materialer enn isolasjonsmaterialer

Materiale	$\lambda_0$ W/(mK)
Betong	
– høy densitet (2 400 kg/m <sup>3</sup> )	2,0
– høy densitet ((2 400 kg/m <sup>3</sup> ), armert (2 % stål))	2,5
Golvbelegg	
– gummi, linoleum	0,17
– plast (blant annet vinyl)	0,25
– underlag: skumgummi eller plast	0,10
– underlag: filt eller kork	0,05
– underlag: ull	0,06
– korkfiliser	0,065
– teppe/tekstiler	0,06
Gasser	
– luft (stillestående)	0,025
Vann	
– vann	0,6
– is	2,2
– snø	0,05–0,60
Metaller	
– stål	50
– rustfritt stål	17
– støpejern	50
– aluminiumslegeringer	160
– kobber	380
Tettermaterialer	
– polyuretanskum (PUR)	0,05
Gips	
– gipsplate	0,20
Puss	
– kalk, sand	0,8
– sement, sand	1,0
Jordarter	
– leire eller silt, densitet 1 200 til 1 800 kg/m <sup>3</sup>	1,5
– sand og grus, densitet 1 700 til 2 200 kg/m <sup>3</sup>	2,0
– fast fjell, densitet opp til 2 800 kg/m <sup>3</sup>	3,5
Trevirke	
– densitet 450 kg/m <sup>3</sup> (gran, furu o.l.)	0,12
– densitet 700 kg/m <sup>3</sup>	0,18
Trebaserte plater	
– kryssfiner, densitet 300 kg/m <sup>3</sup>	0,09
– kryssfiner, densitet 500 kg/m <sup>3</sup>	0,13
– kryssfiner, densitet 700 kg/m <sup>3</sup>	0,17
– kryssfiner, densitet 1 000 kg/m <sup>3</sup>	0,24
– sementbundet sponplate	0,23
– sponplate, densitet 300 kg/m <sup>3</sup>	0,10
– sponplate, densitet 600 kg/m <sup>3</sup>	0,14
– sponplate, densitet 900 kg/m <sup>3</sup>	0,18
– OSB, densitet 650 kg/m <sup>3</sup>	0,13
– trefiberplate, densitet 250 kg/m <sup>3</sup>	0,07
– trefiberplate, densitet 400 kg/m <sup>3</sup>	0,10
– trefiberplate, densitet 600 kg/m <sup>3</sup>	0,14
– trefiberplate, densitet 800 kg/m <sup>3</sup>	0,18
– treullsementplater	0,08
Lettklinker, elementer og blokker (tørt)	
Densitet ca. 900 kg/m <sup>3</sup>	
– i fuktbeskyttet bygningsdel	0,31
– utvendig over terreng	0,37
Densitet ca. 770 kg/m <sup>3</sup>	
– i fuktbeskyttet bygningsdel	0,25
– utvendig over terreng	0,32
Lettklinkerbetong, densitet ca. 1 000 kg/m <sup>3</sup>	
– i fuktbeskyttet bygningsdel	0,38
– utvendig over terreng	0,45
Porebetong, elementer og blokker	
– i fuktbeskyttet bygningsdel	0,13
– utvendig over terreng	0,14

Tabell 4.2.7

Varmemotstanden (m<sup>2</sup>K/W) til uventilerte luftsikt<sup>1)</sup>, beregnet etter NS-EN ISO 6946

Overflateegenskaper i hulrommet	Tykkelse på luftsikt mm	Varmestrømsretning		
		Oppover	Horisontal <sup>2)</sup>	Nedover
Ikke-reflekerende $\varepsilon = 0,9$	5	0,11	0,11	0,11
	10	0,15	0,15	0,15
	15	0,16	0,17	0,17
	25	0,16	0,18	0,19
	50	0,16	0,18	0,21
	100	0,16	0,18	0,22
	200	0,16	0,18	0,22
	300	0,16	0,18	0,23

Tabell 4.1.6

Sammenheng mellom metningsstrykk, maksimalt fuktinnhold og temperatur

Temp. °C	Metnings- trykk Pa	Fuktinnhold g/m³	Temp. °C	Metnings- trykk Pa	Fuktinnhold g/m³	Temp. °C	Metnings- trykk Pa	Fuktinnhold g/m³
30	4245	30,36	10	1228	9,40	-10	260	2,14
29	4005	28,78	9	1147	8,83	-11	238	1,97
28	3780	27,24	8	1072	8,28	-12	225	1,81
27	3565	25,80	7	1001	7,76	-13	199	1,66
26	3360	24,40	6	935	7,27	-14	181	1,52
25	3170	23,04	5	872	6,80	-15	166	1,39
24	2985	21,80	4	813	6,37	-16	151	1,27
23	2815	20,60	3	757	5,96	-17	137	1,16
22	2640	19,45	2	705	5,57	-18	125	1,06
21	2485	18,35	1	656	5,20	-19	114	0,97
20	2335	17,29	0	611	4,84	-20	104	0,88
19	2195	16,33	-1	563	4,48	-21	94	0,80
18	2060	15,40	-2	517	4,13	-22	85	0,73
17	1935	14,50	-3	475	3,82	-23	78	0,67
16	1818	13,65	-4	437	3,52	-24	71	0,61
15	1703	12,82	-5	402	3,24	-25	64	0,55
14	1596	12,09	-6	368	2,99	-26	58	0,50
13	1496	11,37	-7	338	2,75	-27	52	0,46
12	1400	10,68	-8	310	2,53	-28	47	0,41
11	1311	10,03	-9	284	2,33	-29	42	0,38
						-30	37	0,34

Tabell 4.3.5

Vanndamppermeabilitet i en del materialer

Tabellene viser «tørr» verdi. Når RF overstiger 60 %, er det en viss økning i verdiene, se Byggedetaljer 573.430.

Materiale	Anmerkning	Vanndamp- permeabilitet, $\delta_p$ ( $10^{-12}$ kg/(m²Pa))
Stillestående luft (ved 20 °C)		ca. 180
Mineralull	15 kg/m³	110
Mineralull	200 kg/m³	60
Ekspandert polystyren (EPS)	20 kg/m³	7
Cellulosefiber	26 kg/m³	150
Lettklinker, løs	400 kg/m³	40
Betong		1
Lettbetong		16
Lettklinkerbetong		30
Pussmørtel	Sementbasert	1,5
Tegl		20
Tre (furu, gran)	Vinkelrette fibre	1,5
Gips	625 kg/m³	22
Kryssfiner		1,5
Sponplate	635–700 kg/m³	3,8
OSB-plate	650 kg/m³	4
Trefiberplate, porøs	280 kg/m³	29
Trefiberplate, hard	1 000 kg/m³	1

Tabell 4.3.6

Vanndampmotstand i en del materialsjikt

Verdiene viser «tørr» verdi. Når RF overstiger 60 %, synker verdiene noe, se Byggedetaljer 573.430.

Materiale	Anmerkning	Vanndampmotstand $Z_p$ ( $10^9$ m²sPa/kg)
Tekstilgolvbelegg, bakside av lateks		1,4
Lamellparkett, eik slitelag	14 mm	21
Linoleum golvbelegg	80–90 % RF	20
Vinyl golvbelegg		260
Ekspandert polyetylen	5 mm	104
Dampsperre	Anbefalt	> 50
Vindsperre	Anbefalt	< 2,5
Polyetylenfolie	0,2 mm	450
Polyetylenfolie	0,15 mm	360
Papirtapet		0,14
Vinyltapet		1,4
Akryllateksmaling	0,05	2,7
Alkydmaling, matt	To strøk	5
Alkydmaling/lakk, blank	To strøk	39
Gipsplate	13 mm	0,34
Gipsplate (GU)	9,5 mm	0,6
Asfaltimpregnert porøs trefiberplate	12 mm	0,83
Vindsperre av spunnet polyetylen		0,13

$$\Delta p_j = (p_{\text{inne}} - p_{\text{ute}}) \cdot Z_j / Z_T$$

hvor:

 $p$  = damptrykket (Pa) $Z_j$  = dampmotstanden i sjiktet  $j$  (m²sPa/kg) $Z_T = \sum_n Z_j$  = total dampmotstand for veggkonstruksjonen med  $n$  sjikt (m²sPa/kg)

Tabell 4.2.6

Varmeovergangsmotstander i henhold til NS-EN ISO 6946, (m²K/W)

Overflate	Varmestrømsretning		
	Oppover	Horisontalt <sup>1)</sup>	Nedover <sup>2)</sup>
Innvendig ( $R_{si}$ )	0,10	0,13	0,17
Utvendig ( $R_{se}$ )	0,04	0,04	0,04

<sup>1)</sup> Horisontalt gjelder varmestrømsretninger  $\pm 30^\circ$  fra horisontalplanet<sup>2)</sup> Brukes også på undersiden av golvkonstruksjoner mot uoppvarmet/kald kjeller og uventilert kryperom

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} + \Delta U \quad (W/(m^2))$$

$$\Delta \theta_{\text{sjikt}} = (\theta_1 - \theta_2) \cdot \frac{R_{\text{sjikt}}}{R_T} \quad (^\circ C)$$

Øvre grenseverdi,  $R_{T+}$ , for den totale varmemotstanden beregnes etter følgende formel:

$$R_{T+} = \frac{A_s + B_s \dots A_n}{\frac{A_s}{R_{Ts}} + \frac{A_s}{R_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{R_{Tn}}} = \frac{\sum A}{\sum \left( \frac{A}{R_T} \right)} \quad (m^2 K / W)$$

hvor:

 $A$  = areal (m²) for ett og samme felt $R_T$  = total varmemotstand (m²K/W) fra ute til inne, inkludert overgangsmotstander, for ett og samme feltNedre grenseverdi ( $R_{T-}$ ) beregnes etter følgende formel:

$$R_{T-} = R_{si} + \sum R_x + R_{se} \quad (m^2 K / W)$$

hvor:

 $R_{si}$  = varmeovergangsmotstand (m²K/W) på innvendig side $R_{se}$  = varmeovergangsmotstand (m²K/W) på utvendig side $R_x$  = resulterende varmemotstand (m²K/W) for et materialsjikt som går gjennom flere felter

[illegible]