

# Eksamen

23.05.2017

KVT2001

Kulde- og varmepumpesystem/kulde- og varmepumpesystemer

**Programområde:** Kulde- og varmepumpeteknikk

## Nynorsk

### Eksamensinformasjon

<b>Eksamenstid</b>	Eksamen varer i 4 timar.
<b>Hjelpemiddel</b>	Alle hjelpemiddel er tillatne, bortsett frå Internett og andre verktøy som kan brukast til kommunikasjon.
<b>Vedlegg</b>	Vedlegg 1: Logg p-h diagram for R-507 Vedlegg 2: Attest for styrkeprøve, tetthetsprøve og vakuumprøve Vedlegg 3: Teknisk data for matvarer Vedlegg 4: Formelsamling
<b>Vedlegg som skal leverast inn</b>	Vedlegg 1 og 2
<b>Informasjon om vurderinga</b>	Kandidaten sitt svar/dokumentasjon bør vise reflekterte svar i høve til fagleg innsikt, kjelder og HMS
<b>Andre opplysningar</b>	

## Oppgåvetekst

Ein av kundane dine har eit fryseanlegg på 4,5 kW for frysevarer med temperatur på  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  til  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Anlegget har kuldemediet R-507, to parallellkopla kompressorar, ein lamell kondensator med vifte og ein lamell fordampar med vifte.

Kunden er blitt pålagt av forsikringsselskapet å vise dokumentasjon på anlegget, og du har fått i oppdrag av kunden å lage dokumentasjon på anlegget hennar.

### Dokumentasjonen du må produsere er:

- Røyrskjema
  - o Ta med den tryggleiks- og reguleringsautomatikken du meiner er naudsynt
- Log p-h diagram med driftsdata
- Attest for styrkeprøve, tettleiksprøve og vakuumpøve (hugs å vise til riktig stad i kuldenorma)

### Du skal i tillegg forklare kva som skjer med/i anlegget ved desse tilfella:

- o Sjå for deg at anlegget går. Kva skjer med kva for komponentar når:
  - Det blir kaldt nok i rommet
  - Det er tid for avriming.

### Du skal også berekne/bestemme følgjande:

- Settpunkt for høgtrykkspressostat
- Overheiting  $t_{\text{sub}}$
- Underkjøling  $t_{\text{sup}}$

### Anlegget sine tekniske data:

- Anlegget har mekanisk termostat.
- Kompressorane er pressostatstyrte og startar samtidig.
- Anlegget har "pump down" styring
- Kondensatorvifta startar når kompressorane startar.
- Væsketanken har ein tryggleiksventil med eit opningstrykk på 27,6 bar.

Her finn du naudsynte driftsdata. Merk av på røyrskjemaet kor du finn dei forskjellige trykk og temperaturar.

$t_s$	=	Temp. sugerør ved fordampar	-22 °C
$t_o$	=	Fordampingstrykkstemperatur	-30 °C
$t_c$	=	Kondenseringstrykkstemperatur	+35 °C
$t_t$	=	Varmgasstemperatur	+70 °C
$t_u$	=	Væsketemperatur	+30 °C

### Berekning av kuldeyting

Same kunde treng eit nytt kjøleanlegg og vil at du reknar ut naudsynt kuldeyting (kW) for henne. Anlegget får ei belastning på 6000 kg oksekjøtt med ein temperatur på 38 °C som skal kjølast ned til 3 °C i løpet av 24 timar.

$\phi$	= kuldeyting i kilowatt (kW)	
Q	= varmemengde i kilojoul (kJ)	$Q = m * C * \Delta T$
m	= masse i kilogram (kg)	$\phi = Q : t$
C	= spesifikk varmekapasitet (kJ/(kg*K))	
$\Delta T$	= temperatur differanse i Kelvin (K)	
t	= tid i sekund (s)	

### Litt om HMS

- Kva for konsekvensar for miljøet vil det ha om ein slepp ut kuldemediet R-507?
- Kva for HMS-tiltak vil du gjennomføre ved fylling av dette kuldemediet på anlegget?

## Bokmål

### Eksamensinformasjon

<b>Eksamenstid</b>	Eksamen varer i 4 timer.
<b>Hjelpemidler</b>	Alle hjelpemidler er tillatte med unntak av internett og andre verktøy som tillater kommunikasjon.
<b>Vedlegg</b>	Vedlegg 1: Logg p-h diagram for R-507 Vedlegg 2: Attest for styrkeprøve, tetthetsprøve og vakuumpørve Vedlegg 3: Teknisk data for matvarer Vedlegg 4: Formelsamling
<b>Vedlegg som skal leveres inn</b>	Vedlegg 1 og 2
<b>Informasjon om vurderingen</b>	Kandidatens svar/dokumentasjon bør vise reflekterte svar i forhold til faglig innsikt, kilder og HMS

## Oppgavetekst

En av dine kunder har et fryseanlegg på 4,5 kW for frysevarer med temperatur på  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  til  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Anlegget har kuldemediet R-507, to parallellkoblede kompressorer, en lamell kondensator med vifte og en lamell fordampner med vifte.

Kunden er blitt pålagt av forsikrings-selskapet å vise dokumentasjon på anlegget, og du har fått i oppdrag av kunden å lage dokumentasjon på anlegget hennes.

### Dokumentasjonen du må produsere er:

- Rørskjema
  - o Ta med den sikkerhets- og reguleringsautomatikk du mener er nødvendig
- Log p-h diagram med driftsdata
- Attest for styrkeprøve, tetthetsprøve og vakuumpøve (husk å henvise til riktig sted i kuldenormen)

### Du skal i tillegg forklare hva som skjer med/i anlegget ved disse tilfellene:

- o Se for deg at anlegget går. Hva skjer med hvilke komponenter når:
  - Det blir kaldt nok i rommet
  - Det er tid for avriming.

### Du skal også beregne/bestemme følgende:

- Settpunkt for høytrykkspressostat
- Overheting  $t_{\text{sub}}$
- Underkjøling  $t_{\text{sup}}$

### Anleggets tekniske data:

- Anlegget har mekanisk termostat.
- Kompressorene er pressostatstyrt og starter samtidig.
- Anlegget har "pump down" styring
- Kondensatorviften starter når kompressorene starter.
- Væsketanken har en sikkerhetsventil med et åpningstrykk på 27,6 bar.

Her finner du nødvendige driftsdata. Merk av på rørskjemaet hvor du finner de forskjellige trykk og temperaturer.

$t_s$	=	Temp. sugerør ved fordamper	-22 °C
$t_o$	=	Fordampningstrykkstemperatur	-30 °C
$t_c$	=	Kondenseringstrykkstemperatur	+35 °C
$t_t$	=	Varmgasstemperatur	+70 °C
$t_u$	=	Væsketemperatur	+30 °C

### Beregning av kuldeytelse

Samme kunde trenger et nytt kjøleanlegg og vil at du regner ut nødvendig kuldeytelse (kW) for henne. Anlegget får en belastning på 6000 kg oksekjøtt med en temperatur på 38 °C som skal kjøles ned til 3 °C i løpet av 24 timer.

$\phi$	= kuldeytelse i kilowatt (kW)	
Q	= varmemengde i kilojoul (kJ)	$Q = m * C * \Delta T$
m	= masse i kilogram (kg)	$\phi = Q : t$
C	= spesifikk varmekapasitet (kJ/(kg*K))	
$\Delta T$	= temperatur differanse i Kelvin (K)	
t	= tid i sekunder (s)	

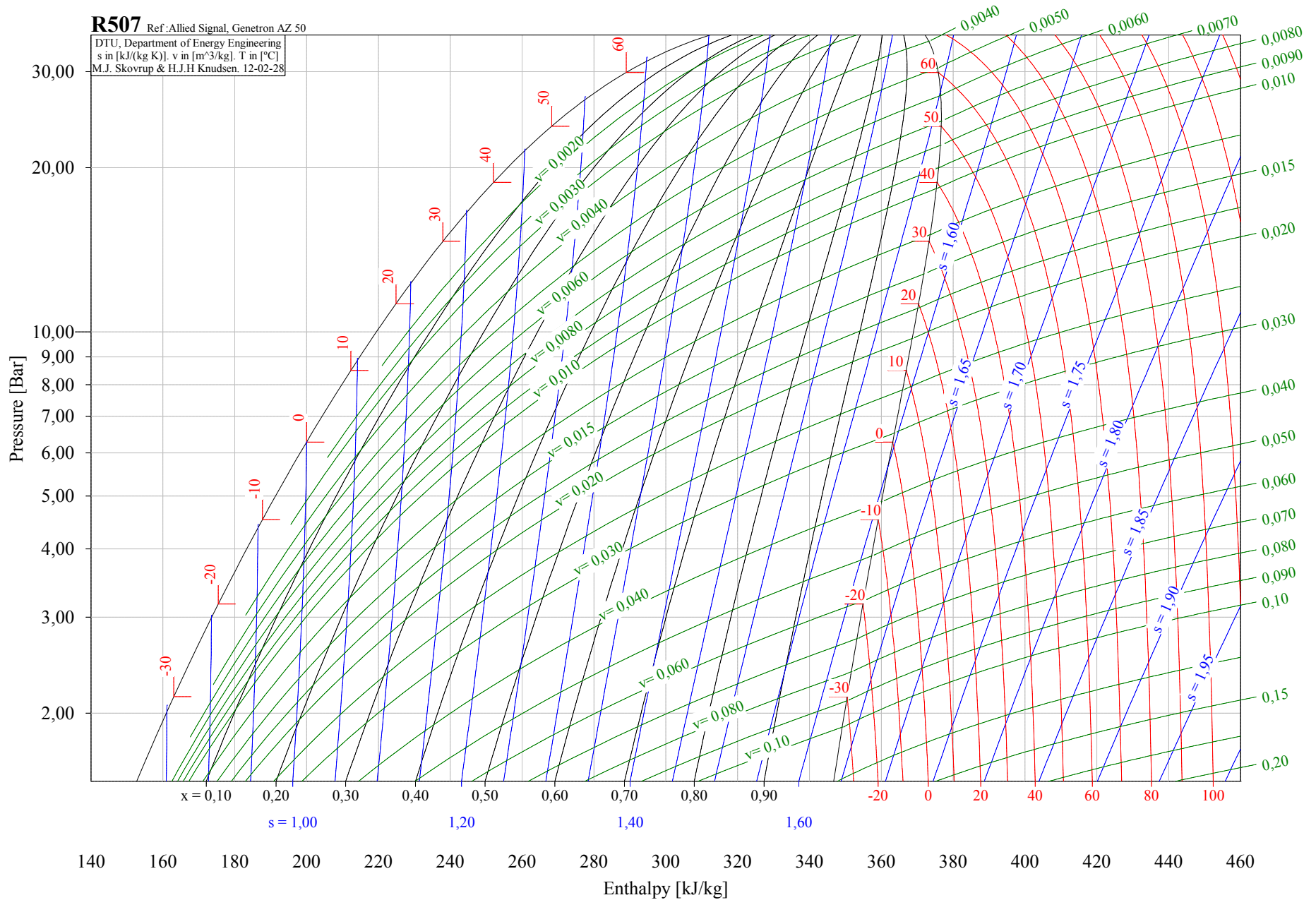
### Litt om HMS

- Hvilke konsekvenser for miljøet vil det ha hvis man slipper ut kuldemediet R-507?
- Hvilke HMS tiltak vil du gjennomføre ved fylling av dette kuldemediet på anlegget?

# Vedlegg 1

**R507** Ref: Allied Signal, Genetron AZ 50

DTU, Department of Energy Engineering  
s in [kJ/(kg K)], v in [m<sup>3</sup>/kg], T in [°C]  
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen, 12-02-28





## Vedlegg 15

**Attest for styrkeprøve, tetthetsprøve og vakuumpørve**

Utført etter prosedyrer som beskrevet i Norsk Kuldenorm

Leverandør : \_\_\_\_\_

Kjøper : \_\_\_\_\_

Anlegg nr./type: \_\_\_\_\_

Seksjon	1	2	3	4
Beskrivelse av seksjonen				
Største arbeids-trykk, baro				

**Styrkeprøve**

Prøvetrykk, baro				
Holdetid, min				
Prøvemedium				
Merknader				
Dato/signatur				

**Tetthetsprøve**

Prøvetrykk, baro				
Holdetid, min				
Prøvemedium				
Merknader				
Dato/signatur				

**Vakuumpørve** (NB. Vakuumpumpen skal være avstengt)

Prøvetrykk, baro				
Holdetid, min				
Merknader				
Dato/signatur				

## Tekniske data for matvarer

Vare	Spesifikk varme kjøling kJ/(kg · K)	Frysepunkt °C	Spesifikk varme latent kJ/kg	Spesifikk varme frysing kJ/(kg · K)	Modningsvarme W/kg
Agurker	4,05	-0,8	318	2,05	0,012 - 0,014
Appelsiner	3,77	-0,8	288	1,92	0,014 - 0,019
Asparges	3,93	-1,2	312	2,01	0,161 - 0,081
Bacon	2,09	-3,9	67	1,26	
Bananer	3,35	-2,2	251	1,76	0,084 (12°C)
Blomkål	3,89	-1,0	307	1,97	0,061 - 0,081
Bringebær	3,56	-0,6	284	1,86	0,092 - 0,114
Broccoli	3,85	-0,6	302	1,97	0,102 - 0,474
Brød	2,99	-6,0	123	1,47	
Egg	3,18	-2,8	232	1,86	
Erter	3,30	-1,1	246	1,76	0,163 - 0,226
Epler	3,60	-2,0	281	1,88	0,015 - 0,021
Druer	3,68	-3,2	270	1,84	0,009 - 0,017
Fjærkre	3,30	-2,8	246	1,55	
Fisk	3,55	-2,5	270	1,85	
Grønnsaker	3,77	-1,1	302	1,88	
Gulrøtter	3,60	-1,3	293	1,88	0,028 - 0,063
Iskrem	3,26	-2,8	223	1,88	
Jordbær	3,89	-1,2	300	1,97	0,048 - 0,098
Kalvekjøtt	2,97	-1,7	212	1,63	
Kirsebær	3,64	-1,8	280	1,88	0,028 - 0,042
Kremfløte 40%	3,56	-2,2	209	1,68	
Kål	3,93	-0,5	308	1,97	0,028 - 0,063
Lammekjøtt	2,97	-1,7	212	1,63	
Melk	3,88	-0,6	288	2,05	
Oksekjøtt	3,22	-1,7	232	1,68	
Ost	2,68	-8,3	184	1,51	0,049
Plommer	3,68	-0,83	274	1,88	0,012 - 0,027
Poteter	3,60	-1,7	263	1,97	0,017 - 0,020
Pølser	3,72	-3,3	312	2,34	
Pærer	3,81	-2,2	284	2,10	0,015 - 0,046
Salat	4,01	-0,5	184	2,01	0,039 - 0,059
Selleri	3,97	-1,5	314	2,01	0,032
Skinke	2,53	-2,0	167	1,46	
Smør	2,68	-1,1	35	1,42	
Solbær	3,68	-1,0	280	1,88	
Sopp	3,89	-1,0	302	1,97	0,210
Svinekjøtt	2,84	-2,2	201	1,59	
Tomater	3,85	-0,75	307	1,92	0,042 (+10°C)

## FORMELSAMLING

# Formelsamling med de mest benyttede formler innenfor kuldeteknikk

## GENERELT

### 1. Temperaturskalaer

Celsius --> Kelvin $T = t + 273,15$ [K]	Kelvin --> Celsius $t = T - 273,15$ [°C]
Celsius --> Fahrenheit $t_F = \frac{9}{5}t_C + 32$ [°F]	Fahrenheit --> Celsius $t_C = \frac{5}{9}(t_F - 32)$ [°C]

### 2. Trykk

- $p = p_e + p_a$  [bar]  
 $p$  = absolutt trykk [bara]  
 $p_e$  = overtrykk over atmosfæretrykket [bar]  
 $p_a$  = atmosfæretrykket (dagens barometerstand) [bar]

### 3. Væsketrykk

- $p = \rho \cdot g \cdot h$  [Pa]  
 $\rho$  = densitet (massetetthet) [kg/m<sup>3</sup>]  
 $g$  = tyngdens akselerasjon = 9,81 [m/s<sup>2</sup>]  
 $h$  = høydeforskjell til væskeoverflaten [m]

### 4. Følbar varme

- $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$  [kJ]  
 $m$  = masse [kg]  
 $c$  = spesifikk varmekapasitet [kJ/kgK]  
 $\Delta t$  = temperaturforskjell [K]

### 5. Latent varme

- Smeltevarme:  $Q = m \cdot l$  [kJ]  
 $l$  = spesifikk smeltevarme [kJ/kg]  
 $m$  = masse [kg]
- Fordampningsvarme:  $Q = m \cdot r$  [kJ]  
 $r$  = spesifikk fordampningsvarme [kJ/kg]  
 $m$  = masse [kg]

### 6. Effekt

$$\Phi = \frac{Q}{t} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t = \dot{m} \cdot \Delta h \quad [kW]$$

- $\Phi$  = effekt [kW]  
 $Q$  = Varme [kJ]  
 $t$  = tid [s]  
 1 kcal = 4,186 kJ  
 $\Delta t$  = temperaturforskjell [K]  
 $\Delta h$  = entalpiforskjell [kJ/kg]  
 $\dot{m}$  = massestrøm [kg/s]

## VARME-/MASSETRANSPORT

### 7. Varmeledning

$$\Phi = \frac{A \cdot \lambda \cdot (t_1 - t_2)}{\delta} \quad [W]$$

- $A$  = flaten varmen strømmer igjennom [m<sup>2</sup>]  
 $\lambda$  = termisk konduktivitet [W/mK]  
 $\delta$  = tykkelsen på platen [m]  
 $\Delta t = (t_1 - t_2)$  temperaturforskjellen mellom varm og kald side [K]

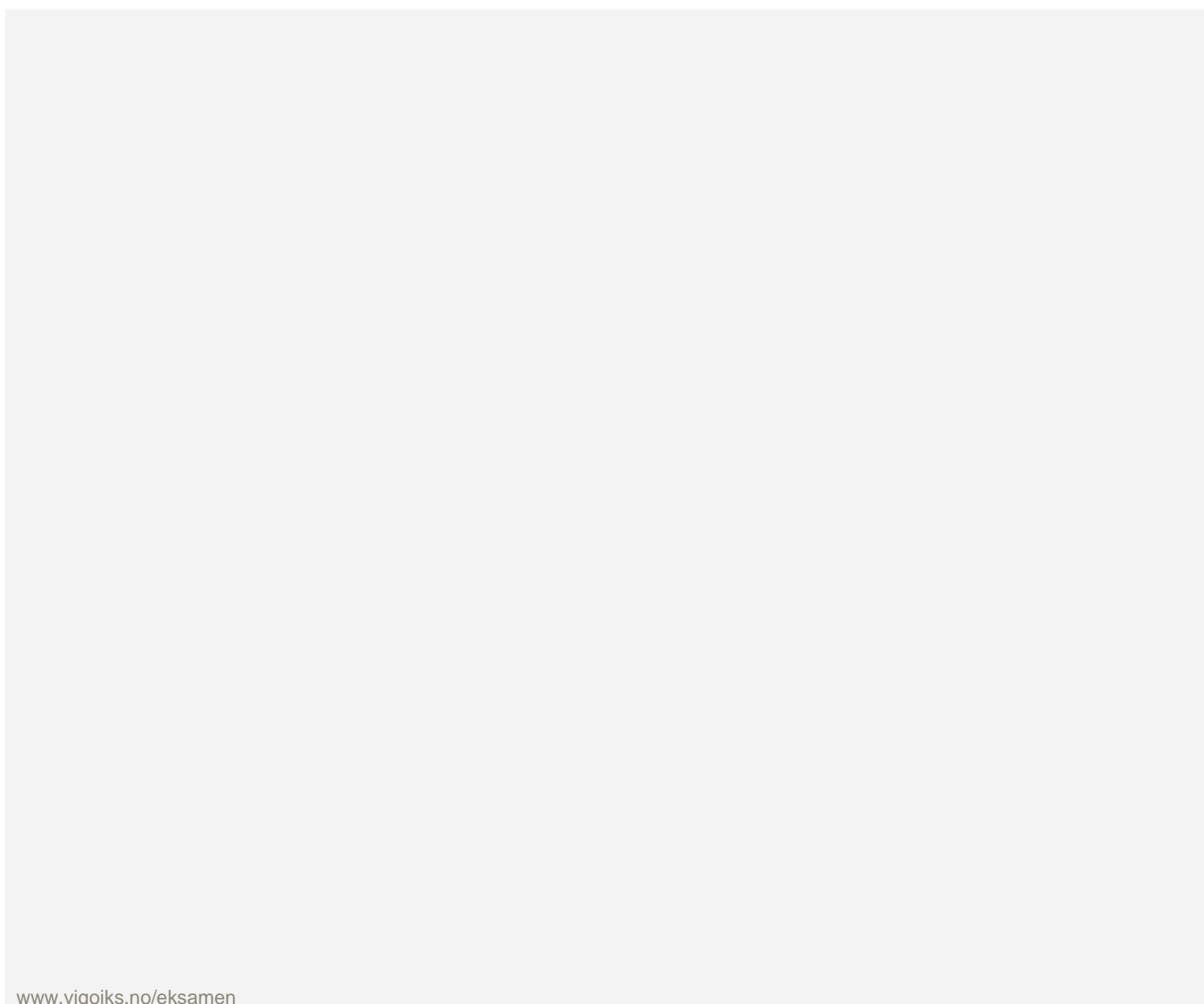
### 8. Varmeovergang

$$\Phi = A \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

- $A$  = arealet på overflaten [m<sup>2</sup>]  
 $\Delta t = (t_1 - t_2)$  forskjellen mellom overflate- og medietemperaturen [°]  
 $\alpha$  = varmeovergangskoeffisient [W/m<sup>2</sup>K]

For overslagsberegning for væske (vann):

$$\alpha = 2050 \cdot (1 + 0,015 \cdot t) \cdot \frac{w^{0,87}}{d_i^{0,13}}$$



[www.vigoiks.no/eksamen](http://www.vigoiks.no/eksamen)