

## EXAMEN WARMTEPOMPEN

### Onderdeel Integraal ontwerpen van warmtepompinstallaties voor utiliteitsgebouwen

#### Voorbeeldexamen

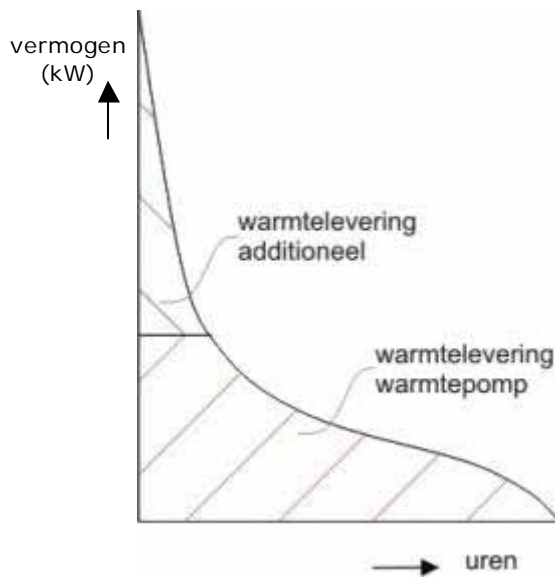
##### Lees zorgvuldig onderstaande informatie

- Dit examen bestaat uit 40 meerkeuzevragen.
- Lees, voordat u antwoord geeft, de vraag zorgvuldig door.
- Vul uw antwoord in op het antwoordblad: maak achter het nummer van de vraag op uw antwoordblad **met potlood** het betreffende hokje zwart. Dus als u vindt dat bij vraag 1 het goede antwoord C is, dan maakt u achter de 1 het hokje onder de C zwart.
- Als u zich vergist heeft, kunt u het hokje uitgummen en een ander hokje zwart maken.
- Beantwoord alle vragen. Geef per vraag maar één antwoord.
- Een goed beantwoorde vraag levert één scorepunt op. Niet of dubbel beantwoorde vragen worden fout gerekend.
- Er wordt geen kladpapier uitgereikt. U kunt lege ruimtes in het boekje gebruiken om aantekeningen te maken. LET OP: de aantekeningen die u in de boekjes maakt worden NIET beoordeeld.
- Het opgavenboekje bestaat uit 14 pagina's (inclusief voorblad).
- Dit examen heeft een bijlage van 12 pagina's (inclusief voorblad).
- Controleer het opgavenboekje op volledigheid.
- Na afloop van het examen levert u het opgavenboekje en het antwoordblad in.
  
- Het gebruik van een niet-programmeerbare rekenmachine is toegestaan.
- De tijdsduur van dit examenonderdeel is maximaal 120 minuten.

ELKE VORM VAN FRAUDE ZAL ONMIDDELLIJKE UITSLUITING VAN HET EXAMEN TOT GEVOLG HEBBEN.

Dit boekje pas openen als daarvoor toestemming wordt gegeven.

1 Zie onderstaande afbeelding.



Welke bedrijfswijze van een warmtepomp is hierboven afgebeeld?

- A bivalent alternatief bedrijf
- B bivalent parallel bedrijf
- C monovalent bedrijf

2 Welk type warmtepomp wordt thermisch aangedreven?

- A absorptie warmtepomp
- B elektrische warmtepomp
- C gasmotor warmtepomp

3 Bij een bivalente warmtepompinstallatie wordt een ander verwarmingstoestel ingeschakeld. Eén van de redenen hiervoor is dat de warmtepomp NIET het gevraagde vermogen kan leveren.

Wat is een andere reden voor het aanzetten van een ander toestel?

- A De warmtepomp kan de gevraagde temperatuur niet leveren.
- B De warmtepomp wordt ingezet omdat er koelvraag is.
- C Het is goedkoper om een ander toestel te gebruiken.

4 Bij toepassing van warmtepompen is de afstemming van de warmtepomp met de afgifte-installatie voor ruimteverwarming belangrijk. Vloerverwarming is een afgifte-installatie die goed past bij warmtepompen vanwege het temperatuurniveau. Een opdrachtgever wil een comfortabel binnenklimaat zonder onnodig hoge kosten.

Welk temperatuurniveau (aanvoer/retourtemperatuur van warm water) past het beste bij deze vloerverwarming?

- A aanvoertemperatuur 25 °C en retourtemperatuur 22 °C
- B aanvoertemperatuur 36 °C en retourtemperatuur 30 °C
- C aanvoertemperatuur 66 °C en retourtemperatuur 50 °C

- 5 In de utiliteitsbouw wordt het gebruik van warmtepompen gestimuleerd door de EIA-regeling.  
Op welke manier stimuleert de EIA-regeling gebouweigenaren tot het gebruik van warmtepompen?
- A door de investering in mindering te brengen op de belastbare winst
  - B door een subsidie op basis van de investering
  - C door een subsidie op basis van uitgespaarde primaire energie
- 6 In maart 2008 is de Europese norm NEN-EN 378 (Koelsystemen en warmtepompen – Veiligheids- en milieueisen) uitgebracht.  
Door welke bestaande regelgeving wordt deze norm op termijn vervangen?
- A F-gassen besluit
  - B PED
  - C RLK
- 7 Voor een warmtepompinstallatie met een grondwaterbron is een brondebiet van 20 m<sup>3</sup>/h nodig.  
Op basis van welke wet is hiervoor een vergunning nodig?
- A Grondwaterwet
  - B Wet Milieubeheer
  - C Wet verontreiniging oppervlaktewater
- 8 Een leverancier van een bodemgekoppelde warmtepomp geeft een COP op van 4 zonder nadere specificaties.  
Welke gegevens heeft de ontwerper nodig om het energetisch functioneren van de installatie te beoordelen?
- A de in- en uitgaande verdamper- en condensortemperaturen bij deze COP
  - B de omgevingstemperatuur bij deze COP
  - C het verwarmingsvermogen van de warmtepomp bij deze COP
- 9 Bij het bepalen van de rentabiliteit van een project wordt gebruik gemaakt van de Netto Contante Waarde (NCW). Voor een project met een warmtepompinstallatie is een meerinvestering van € 15.000 noodzakelijk. Na inbedrijfname is er een positieve cashflow van € 2.500 per jaar.  
Wat is de Netto Contante Waarde na drie jaar bij een rentepercentage van 5%?
- A € -6.808
  - B € -8.191
  - C € 6.808
  - D € 8.191

- 10 In een Programma van Eisen staat dat een centrale warmtepompinstallatie samen met twee gasgestookte verwarmingsketels in één technische ruimte geplaatst moeten worden. De warmtepomp heeft een verwarmingsvermogen van 100 kW. De twee ketels hebben een gezamenlijk verwarmingsvermogen van 300 kW. De technische ruimte bevindt zich in de geheel ondergronds gesitueerde parkeerkelder.

Waarom is de beschreven situatie NIET toegestaan?

- A De rookgasafvoeren van de ketels mogen niet door de parkeerkelder gevoerd worden.
- B De warmtepomp mag niet in een kelder geplaatst worden.
- C Er moet minimaal één wand van de ruimte grenzen aan de buitenlucht.

- 11 Een opdrachtgever wil in een renovatieproject van een kantoorgebouw een warmtepompinstallatie toepassen voor ruimteverwarming en ruimtekoeling. In de bestaande situatie wordt gebruik gemaakt van verwarming door middel van radiatoren.

Wat kan het BESTE opgenomen worden in het Programma van Eisen van de renovatie met betrekking tot de afgifte-installatie?

De huidige afgifte-installatie

- A hoeft alleen geschikt gemaakt te worden voor LTV verwarming.
- B kan gehandhaafd blijven.
- C moet aangepast worden door een laagtemperatuur afgifte-installatie die ook geschikt is voor koeling.

- 12 Een opdrachtgever wil in plaats van een gasketelinstallatie een warmtepompinstallatie met warmte/koude opslag en passieve koeling toepassen.

Is deze toepassing mogelijk zonder extra investeringskosten voor de opdrachtgever?

- A Ja, door de warmtepompinstallatie door een derde partij te laten exploiteren.
- B Ja, maar alleen als er voldoende subsidie verstrekt wordt.
- C Nee, de opdrachtgever moet altijd een deel van de extra investeringskosten betalen een warmtepompinstallatie kost altijd meer dan een conventionele installatie.

### Casus bij vraag 13 en 14

Voor een kantoor met een bruto vloeroppervlakte van 25.000 m<sup>2</sup> is gekozen voor een warmtepompinstallatie in combinatie met warmte-koudeopslag. De bedrijfstijd van het kantoor is van maandag tot en met vrijdag van 07.00 uur tot 19.00 uur. De warmtepomp verzorgt 30% van het benodigde verwarmingsvermogen. Het resterende deel wordt gedekt met een Cv-ketel. Het benodigde koelvermogen wordt voor 50% geleverd vanuit de energieopslag. Het overige gedeelte wordt geleverd met een koelmachine.

Voor het kantoor gelden verder de volgende gegevens:

- Verhouding tussen schiloppervlakte en bruto vloeroppervlak is 0,85
- Vertrekhoogte is 2,8 meter
- Glaspercentage in de gevel is 65%
- Ventilatievoud is 3
- Warmteterugwinning met behulp van een twincoilsysteem
- Luchttemperatuur na de luchtbehandelingskast is 17,5 °C
- Interne warmtelast is 15 W/m<sup>2</sup>
- Gelijkijdigheid van de interne warmtelast van 30%

13 Hoeveel is de totale warmtebehoefte per jaar voor dit kantoor?

- A 525 MWh
- B 1.025 MWh
- C 1.550 MWh
- D 3.965 MWh

14 Welk percentage van de totale warmtevraag kan door de warmtepomp gedekt worden?

- A 30%
- B 72%
- C 88%
- D 90%

15 Van een kantoorgebouw zijn de volgende jaarlijkse warmte- en koudebehoefte gegeven:

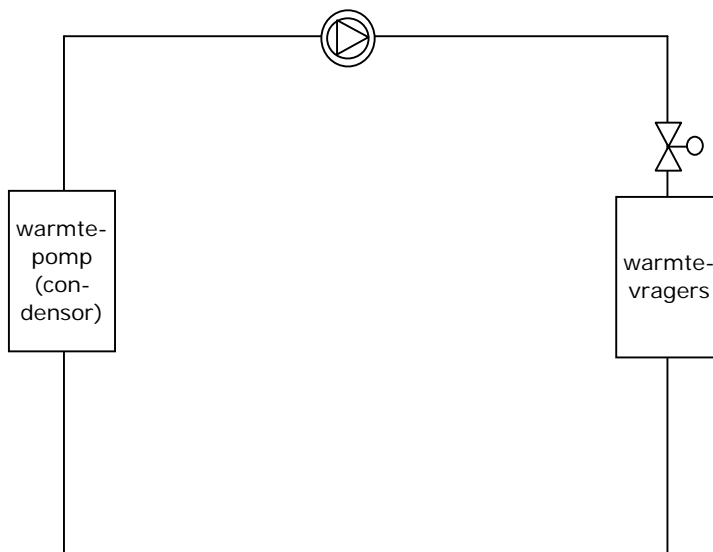
- Lokale warmtebehoefte: 255 MWh
- Verwarming ventilatielucht: 290 MWh
- Koeling computerruimte: 95 MWh
- Lokale koeling: 250 MWh
- Koeling ventilatielucht: 110 MWh

De warmtebehoefte wordt geleverd door een warmtepomp, aangevuld met een Cv-ketel. De warmtepomp levert 35% van het maximaal benodigde netto verwarmingsvermogen. De COP van de warmtepomp is 4. De koudebehoefte wordt geleverd door energieopslag, aangevuld met een koelmachine. De koudeopslag levert 50% van het totale vermogen.

Hoeveel koude moet jaarlijks extra geladen worden om een thermisch evenwicht te krijgen?

- A 41,7 MWh
- B 81,0 MWh
- C 87,2 MWh
- D 122,7 MWh

16 Hieronder is een prinsipeschema afgebeeld.

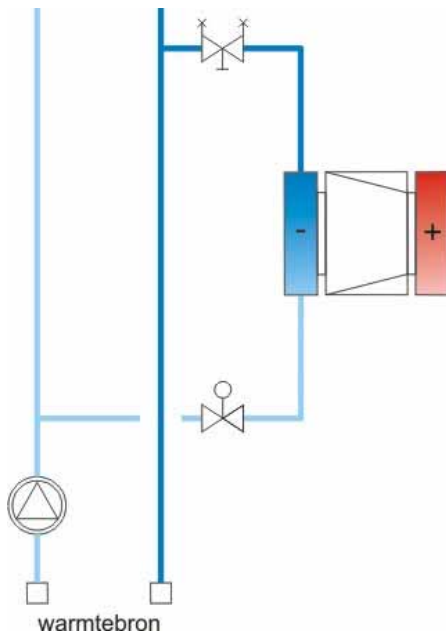


Met de toerengeregelde pomp zijn volumestromen te verlagen tot circa 10% van de ontwerpvolumestroom. Bovenstaand schema wordt ter beoordeling voorgelegd aan een ontwerper.

Hoe moet de ontwerper bovenstaand schema beoordelen?

- A De combinatie van de toerengeregelde pomp en de hoeveelheidsregeling bij de warmtevragers is niet aan te bevelen bij toepassing van warmtepompen.
- B De warmtepomp is goed ingepast in combinatie met de warmtevragers.
- C Een variabele volumestroom door de warmtepomp als gevolg van de tweewegregelafsluiter is niet wenselijk.

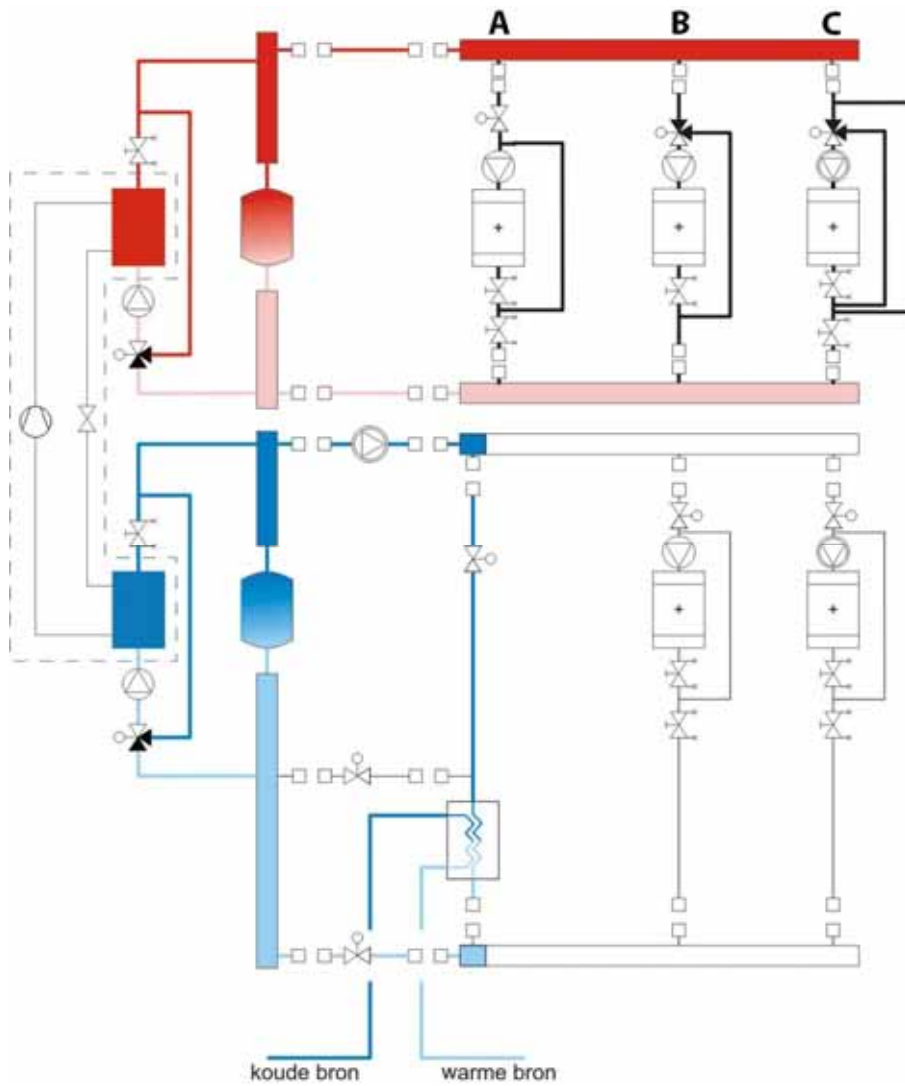
- 17 In een bedrijfsverzamelgebouw is een individuele warmtepomp op de onderstaande manier ingepast in een collectief laagtemperatuur distributienet.



Welke conclusie met betrekking tot bovenstaande koppeling is correct?

- A De inpassing is goed. De toerengeregelde pomp voorkomt dat lokaal de volumestroom over de verdamper kan fluctueren.
- B De inpassing is goed. Wel is het van belang om te zorgen voor een constant drukverschil over de verschillende aangesloten individuele warmtepompen om teveel fluctuatie over de verdamper te voorkomen.
- C De inpassing is niet goed. De combinatie van een toerengeregelde distributiepomp en tweeweggestuurde kleppen bij de individuele warmtepompen is hydraulisch gezien niet juist.

18 In onderstaand prinsipeschema is een aantal verschillende hydraulische schakelingen van een warmteafgifte-installatie weergegeven.



Welke hydraulische inpassing is correct?

- A inpassing A
- B inpassing B
- C inpassing C



- 19 Een warmtepompinstallatie verzorgt verwarming en koeling in een bepaalde ruimte. De warmte/koude wordt overgedragen via de vloer. De installatie is gedimensioneerd op de koudevraag.

Van de installatie zijn de volgende kentallen beschikbaar:

- Buisafstand van vloerverwarmingsleidingen = 15 cm
- Koudeafgifte =  $25 \text{ W/m}^2$
- $R_b = 0,1$
- Temperatuurverschil van gekoeld water = 4 K
- Ruimtetemperatuur =  $25 \text{ }^\circ\text{C}$

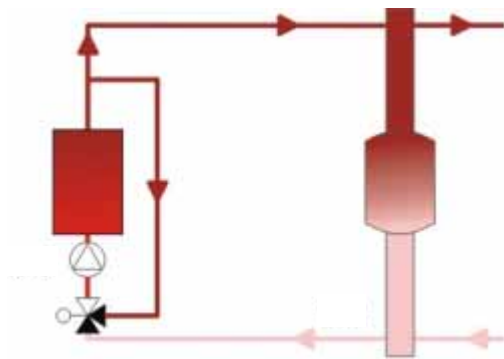
De volgende verwarmingssituatie is gegeven:

- Warmteafgifte van de vloer =  $70 \text{ W/m}^2$
- Volumestroom van het water is gelijk aan de koelsituatie
- Ruimtetemperatuur =  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Wat is het temperatuurtraject tijdens verwarmingsbedrijf?

- A  $T_{\text{aanvoer}} = 30,5 \text{ }^\circ\text{C} - T_{\text{retour}} = 39,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- B  $T_{\text{aanvoer}} = 30,5 \text{ }^\circ\text{C} - T_{\text{retour}} = 41,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- C  $T_{\text{aanvoer}} = 32,0 \text{ }^\circ\text{C} - T_{\text{retour}} = 41,0 \text{ }^\circ\text{C}$
- D  $T_{\text{aanvoer}} = 34,5 \text{ }^\circ\text{C} - T_{\text{retour}} = 45,5 \text{ }^\circ\text{C}$

- 20 Een condensor van een warmtepomp is hydraulisch ingepast zoals in onderstaande figuur.



De condensor van de warmtepomp is uitgelegd op een delta T van 10 K. De retourtemperatuur vanuit de gebruikers is  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . De gewenste aanvoertemperatuur is  $55 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Wat is in deze situatie de functie van de driewegregelklep?

- A beveiligen van de condensor tegen te hoge intredetemperaturen
- B regelen van de retourtemperatuur van de gebruikers
- C verhogen van de uittredetemperatuur uit de condensor

- 21 Een warmtebron wordt direct op de verdamper aangesloten in plaats van via een warmtewisselaar.
- Wat is het gevolg van deze keuze?
- A De verdampingstemperatuur zal hoger worden waardoor de COP stijgt en het energiegebruik daalt.
  - B De verdampingstemperatuur zal lager worden waardoor de COP daalt en het energiegebruik stijgt.
  - C De verdampingstemperatuur zal lager worden waardoor de COP stijgt en het energiegebruik daalt.
- 22 Een warmtewisselaar draagt 80 kW over. Het temperatuurverschil van het water tussen aanvoer en retour bedraagt 7 K.
- Welke volumestroom gaat er over de warmtewisselaar?
- A 2,7 m<sup>3</sup>/h
  - B 9,8 m<sup>3</sup>/h
  - C 11,4 m<sup>3</sup>/h
  - D 41,1 m<sup>3</sup>/h
- 23 Een warmtepomp wordt ingezet voor de opwekking van warmtapwater.
- Wat is in deze situatie het voordeel van een warmtepomp met CO<sub>2</sub> als koudemiddel?
- Bij een warmtepomp met CO<sub>2</sub> als koudemiddel
- A is geen warmtebuffer nodig.
  - B is geen warmtewisselaar met dubbele scheiding nodig.
  - C zijn hoge temperaturen mogelijk met een hoge COP.
- 24 In een warmtepomp wordt in plaats van water een mengsel van water-glycol toegepast. Het vermogen en de delta T aan bronzijde blijven gelijk.
- Waar moet bij de pompselectie rekening mee gehouden worden?
- A Het benodigde debiet is hoger bij een gelijkblijvend drukverschil.
  - B Het benodigde debiet is hoger bij een hoger drukverschil.
  - C Het benodigde debiet is lager bij een gelijkblijvend drukverschil.
- 25 Bij een warmtepomp in bivalente opstelling wordt de aanvullende warmte geleverd door een Cv-ketel.
- Waar moet de ontwerper op letten bij het dimensioneren en inschakelen van de Cv-ketel?
- A De Cv-ketel mag niet op vol vermogen inkomen omdat daardoor de retourtemperatuur zodanig kan stijgen dat de warmtepomp zichzelf uitschakelt.
  - B De Cv-ketel moet warmte op een laagtemperatuurniveau kunnen leveren zodat daar ook warmte mee geladen kan worden.
  - C Het vermogen van de Cv-ketel mag niet hoger zijn dan dat van de warmtepomp omdat de Cv-ketel anders als eerste ingeschakeld wordt.

- 26 De verdampers van een niet-geregelde warmtepomp is uitgelegd op een vaste delta T van 5 K. Het debiet van de bron is hier ook op uitgelegd en is constant. De onttrekkingstemperatuur hierbij is 12 °C en de injectietemperatuur 7 °C.

Wat is het gevolg van een stijging van de onttrekkingstemperatuur?

- A De delta T van het grondwater wordt te groot.
- B De warmtepomp gaat aan/uitschakelen.
- C Er wordt onnodig veel grondwater verpompt.

- 27 Een werkvoorbereider selecteert in de uitwerkingsfase installatiematerialen op basis van het ontwerp. Het is gebruikelijk een veiligheidsmarge in te bouwen voor onvoorziene omstandigheden.

Moet de werkvoorbereider bij de keuze van de materialen ook rekening houden met de veiligheidsmarge?

- A Ja, als dit gebruikelijk is, moet hij dat nu ook doen.
- B Nee, als een veiligheidsmarge gewenst is, was dat in de ontwerpfase al meegenomen.
- C Nee, om overdimensionering van de warmtepomp te voorkomen wordt dit niet gedaan.

- 28 Bij een warmtepompinstallatie met warmte/koudeopslag moet in deellastbedrijf het grondwaterdebiet teruggeregeld kunnen worden.

Waarom is dit van belang?

Als de pompen niet teruggeregeld worden

- A kunnen de koude en de warme bron niet op overdruk gehouden worden.
- B zal een kortsluiting ontstaan tussen de warme en koude bron.
- C zullen de bronnen niet met de juiste temperatuur geladen worden.

- 29 Welke documenten moeten bij een werkende installatie aangeleverd worden?

bedieningsvoorschriften,

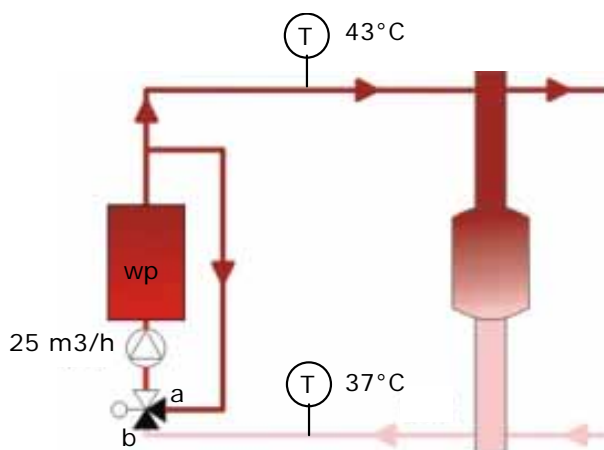
- A bestek en werktekeningen
- B onderhoudsvoorschriften en revisiebescheiden
- C revisiebescheiden en werktekeningen

- 30 Tijdens de realisatie van een project wordt tijdens een bouwvergadering door de aannemer voorgesteld de binnenzonwering te vervangen door buitenzonwering. De installateur heeft de installatie niet zelf ontworpen.

Wat is in dit geval een correcte handelswijze?

- A De installateur hoeft geen actie te ondernemen. Door het toepassen van buitenzonwering neemt de warmtebelasting alleen maar af. Dit is gunstig voor de binnentemperatuur.
- B De installateur selecteert een iets kleinere warmtepomp omdat de warmtebelasting afneemt.
- C De warmtebelasting van het gebouw neemt af. Daarom moet de installateur contact opnemen met de ontwerper van het systeem of dit aangepast moet worden.

- 31 Bij het testen van de warmtepomp worden de onderstaande waarden gemeten.



Welke informatie heeft de ontwerper nog meer nodig om het vermogen van de warmtepomp bij de gegeven meetwaarden te kunnen bepalen?

- A de intredetemperatuur van de warmtepomp na de driewegklep
  - B de retourtemperatuur van de gebruikers
  - C de volumestroom van de gebruikers
- 32 Voordat een leidinginstallatie in gebruik genomen wordt, moet deze afgeperst worden.
- Bij welke leidingen moet de inbedrijfsteller rekening houden met 'kruip' bij het beoordelen van de persproef?
- A koperen leidingen
  - B kunststof leidingen
  - C stalen leidingen
- 33 Een warmtepomp levert de basislast van aangesloten gebruikers. Het verwarmingsvermogen van de warmtepomp bedraagt 150 kW. Uit dataregistratie blijkt dat de warmtepomp op een koude winterdag in totaal 1.700 m<sup>3</sup> grondwater onttrokken en weer geladen heeft. De onttrekkingstemperatuur was gemiddeld 12 °C en de injectietemperatuur gemiddeld 7 °C.
- Heeft de warmtepomp de juiste hoeveelheid koude geladen?
- A Ja, dit is een realistische hoeveelheid.
  - B Nee, deze warmtepomp kan maximaal ca. 450 m<sup>3</sup> per dag laden.
  - C Nee, met deze warmtepomp moet het mogelijk zijn het dubbele te laden.
- 34 Waarom is het van belang dat het grondwatercircuit op een overdruk gehouden wordt?
- A Omdat anders cavitatie in de bronwaterpompen op kan treden.
  - B Omdat anders opgeloste gassen uit het grondwater vrijkomen.
  - C Omdat anders water uit andere grondwaterlagen aangezogen wordt.

- 35 Waarom moet een grondwaterbron jaarlijks gespuid worden?
- A omdat dit een eis is vanuit de Vergunning Grondwaterwet
  - B omdat dit nodig is om vervuiling van de verdamperwarmtewisselaar van de warmtepomp te voorkomen
  - C omdat hierdoor de bron de gewenste capaciteit kan blijven leveren bij de (ontwerp)condities
- 36 In een gebouw is GEEN gebouwbeheersysteem aanwezig.
- Hoe kan dan toch het goed functioneren van de installatie gecontroleerd worden?
- A door gasverbruik en frequentie van inschakelen van de Cv-ketel te bewaken
  - B door het plaatsen van energiemeters in de hoofdstromen en de waardes handmatig uit te lezen
  - C door op vaste tijdstippen bepaalde temperatuuropnemers uit te lezen en berekeningen te maken
- 37 Waaraan kan een beheerder afleiden of een warmtepompinstallatie energetisch correct ingezet wordt en correct blijft functioneren?
- A aan de gemiddelde COP van de warmtepomp
  - B aan de stabiliteit van de uittredetemperatuur van de warmtepomp aan condensorzijde
  - C aan het aantal starts en stops van de warmtepomp
- 38 De provincie eist bij warmte/koudeopslag een registratie van waterhoeveelheden en temperaturen.
- Welke andere eis stelt de provincie bij een warmte/koudeopslag?
- A Dat de broninstallatie jaarlijks op lektheid gecontroleerd wordt door afpersing.
  - B Dat de injectiebronnen jaarlijks gespuid worden om het verzamelde 'vuil' weg te spoelen.
  - C Dat het grondwater jaarlijks geanalyseerd wordt op een aantal voorgeschreven parameters.
- 39 Een warmtepompsysteem met als koudemiddel R22 heeft een koudemiddelinhoud van 275 kg.
- Hoe vaak moet de installatie per jaar gecontroleerd worden?
- A 2 keer
  - B 4 keer
  - C 12 keer

40 Uit een reguliere controle van de warmtepomp blijkt dat deze draait met een COP van 4.

Heeft de warmtepomp een voldoende bijdrage geleverd aan de energiebesparing met betrekking tot de warmtelevering?

- A Ja, een COP van 4 is een voldoende COP waarmee een goede bijdrage geleverd kan worden aan de energiebesparing.
- B Nee, een COP van 4 is relatief laag en de energiebesparing zal daarom ook laag zijn.
- C Een momentane COP van de warmtepomp zegt te weinig om een uitspraak te kunnen doen over de energiebesparing.

**EINDE**

**Heeft u voor iedere vraag op het antwoordblad niet meer dan één antwoord aangestreept?**