

Proefexamen Elektrotechniek Afvalverbranding CE nr. 54

1. Van een enkelfasige transformator is gegeven:

nominaal vermogen 20 kVA
primaire spanning 400 V, 50 Hz
secundaire spanning 230 V

Gevraagd;

- de secundaire vollaststroom,
- de primaire vollaststroom,
- het maximaal af te geven vermogen bij $\cos \varphi = 0,8$ inductief.

2. Een transformator van 6,6 kVA heeft een primaire spanning van 230 V en een secundaire spanning van 115 V.
De kortsluitspanning is 4 %

De primaire kortsluitstroom bedraagt:

- 115 A
- 230 A
- 460 A
- 717 A

3. Een transformator is op een “sterk net” aangesloten.

Welke uitspraak is juist ?

- de ijzerverliezen zijn constant
- de ijzerverliezen zijn evenredig met de belasting
- de koperverliezen zijn constant
- de koperverliezen zijn evenredig met de belasting.

4. In fig.1 van bijlage 1 zijn twee transformatoren A en B parallel geschakeld.

De totale belasting is 150 kVA.

Voor A geldt $P_{\text{nom}} = 100$ kVA en $U_k = 5$ %

Voor B geldt $P_{\text{nom}} = 60$ kVA en $U_k = 6$ %

Welke uitspraak is juist ?

- A en B zijn beide onderbelast,
- A is onderbelast en B is overbelast,
- A is overbelast en B is onderbelast,
- A is volbelast en B is onderbelast.

5. Welke beveiligingen tref je aan bij een luchtgekoelde transformator ?
- een minimum spannings beveiliging,
 - een maximum stroom beveiliging,
 - een aardlek beveiliging,
 - een Buchholz beveiliging.
6. Figuur 2 op bijlage 1 geeft het principeschema van een draaistroomgenerator met borstelloze spanningsregeling.

I Geef van alle getekende spoelen 1 t/m 5 aan, welke stroomsoort er door loopt (wissel- of gelijkstroom)

II Welk onderdeel in het schema zorgt voor de spanningsregeling ?

7. Welke koelmiddel past men toe bij generatoren van af ca. 350 MVA ?

I voor de statorstaven :

- lucht
- water
- olie

II voor de rotorstaven :

- lucht
- waterstof
- lucht/waterstof mengsel.

8. Als een generator op een “sterk net” staat geschakeld en men vergroot de rotorbekrachtigingstroom, dan zal

- de generator meer vermogen gaan afgeven,
- de klemspanning van de generator toenemen,
- de generator meer inductief blindvermogen afgeven,
- de generator minder inductief blindvermogen afgeven.

9. Bij het synchroniseren van een generator met het net dient de generator

- dezelfde frequentie te hebben als het net,
- dezelfde spanning te hebben als het net,
- fase gelijkheid te hebben met het net.

Geef in het kort aan hoe, of via welke onderdelen van een turbogenerator men de voorwaarden a, b en c kan realiseren.

10. Op bijlage 2 staat het werkdigram van een synchrone generator die volbelast 150 MW afgeeft bij $\cos \varphi = 0,8$ ind. De bijbehorende vollaststroom is 8660 A en de rotorbekrachtigingstroom is dan 1400 A. De klemspanning $U = 12,5$ kV

Gevraagd: construeer in het diagram het werkpunt voor $P = 130$ MW bij $\cos \varphi = 0,9$ ind. en bepaal de grootte van de rotorstroom daarbij.

11. Geef de volgorde aan waarin het procentuele eigenverbruik van onderstaande centrales toeneemt en begin daarbij met die met het kleinste eigenverbruik.
- conventionele stoomcentrale,
 - kerncentrale,
 - gasturbine centrale,
 - dieselektrische centrale.
12. Waarom heeft een eigenbedrijfstransformator een relatief hoge kortsluitspanning ?
- om de grootte van de kortsluitstroom te beperken,
 - om het spanningsverlies te beperken,
 - omdat hij ook een relatief groot vermogen heeft,
 - omdat hij tevens als opstarttransformator kan dienen.
13. In het stroomkringschema van figuur 3 op bijlage 3 is een beveiligingssysteem getekend van een draaistroomgenerator met geaard sterpunt. Er zijn 4 mogelijke sluitingen aangegeven: A, B C en D.
- wat is de naam van dit beveiligingssysteem ?
 - geef aan, welk(e) relais (of geen enkel relais) spreken aan bij de afzonderlijk optredende sluitingen A, B, C, en D.
14. In figuur 5 op bijlage 2 is een meetinstrument geschetst.
- I deze meter wordt genoemd;
- draaispoelmeter,
 - kruisspoelmeter,
 - elektrodynamische meter,
 - elektromagnetische meter.
- II voor de inwendige weerstanden van deze meter geldt:
- R_1 is hoogohmig en R_2 is laagohmig
 - R_1 is laagohmig en R_2 is hoogohmig
 - R_1 en R_2 zijn beide laagohmig
 - R_1 en R_2 zijn beide hoogohmig.
15. In figuur 5 op bijlage 4 is een stroomtransformator 1000/1 getekend. Welke fout zit in dit schema ?
- de aarding is verkeerd aangebracht,
 - de smeltveiligheid van 2 A is te hoog,
 - de smeltveiligheid is niet toegestaan,
 - de shuntweerstand is niet toegestaan.

16. In figuur 6 op bijlage 4 is een draaispoelmeter getekend met een spoelweerstand van 100Ω .
De maximale spoelstroom is 100 mA.

I Wat geeft de meter aan bij volle uitslag in de standen 1, 2, 3 en 4 ?

II Hoe groot is het eigen verbruik van de meter in stand 4 ?

17. Een aardlekschakelaar moet worden ingesteld op een aanspreekwaarde van
- a) 10 mA
 - b) 30 mA
 - c) 50 mA
 - d) 100 mA

18. Welke bovengrens geldt volgens NEN 1010 als laagspanning ?

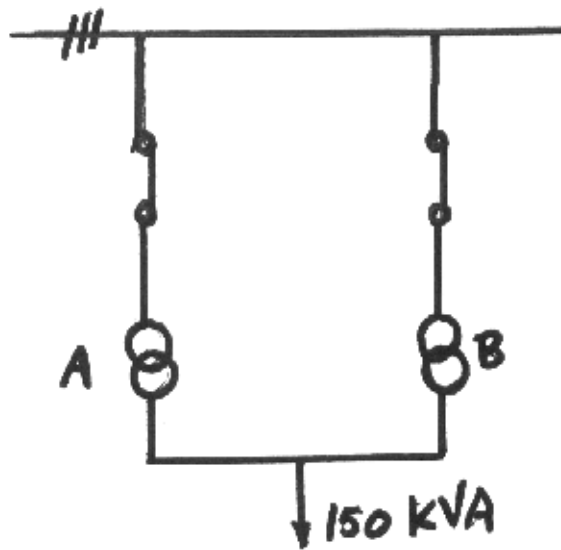
I voor rimpelloze gelijkspanning:

- a) 900 V tussen pool en aarde
- b) 1000 V tussen pool en aarde
- c) 1500 V tussen pool en aarde

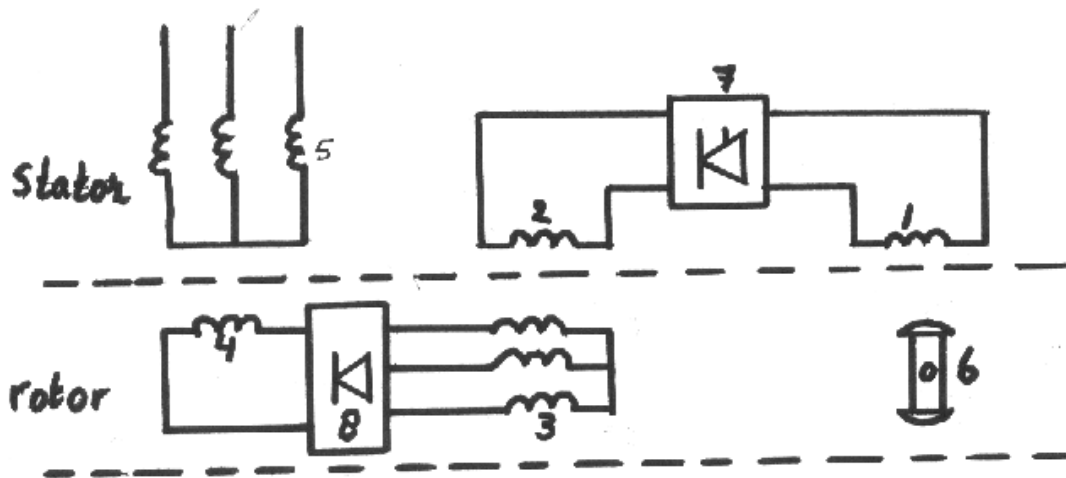
II voor 50 Hz wisselspanning:

- a) 600 V tussen fase en aarde
- b) 1000 V tussen fase en aarde
- c) 1500 V tussen fase en aarde

BIJLAGE 1



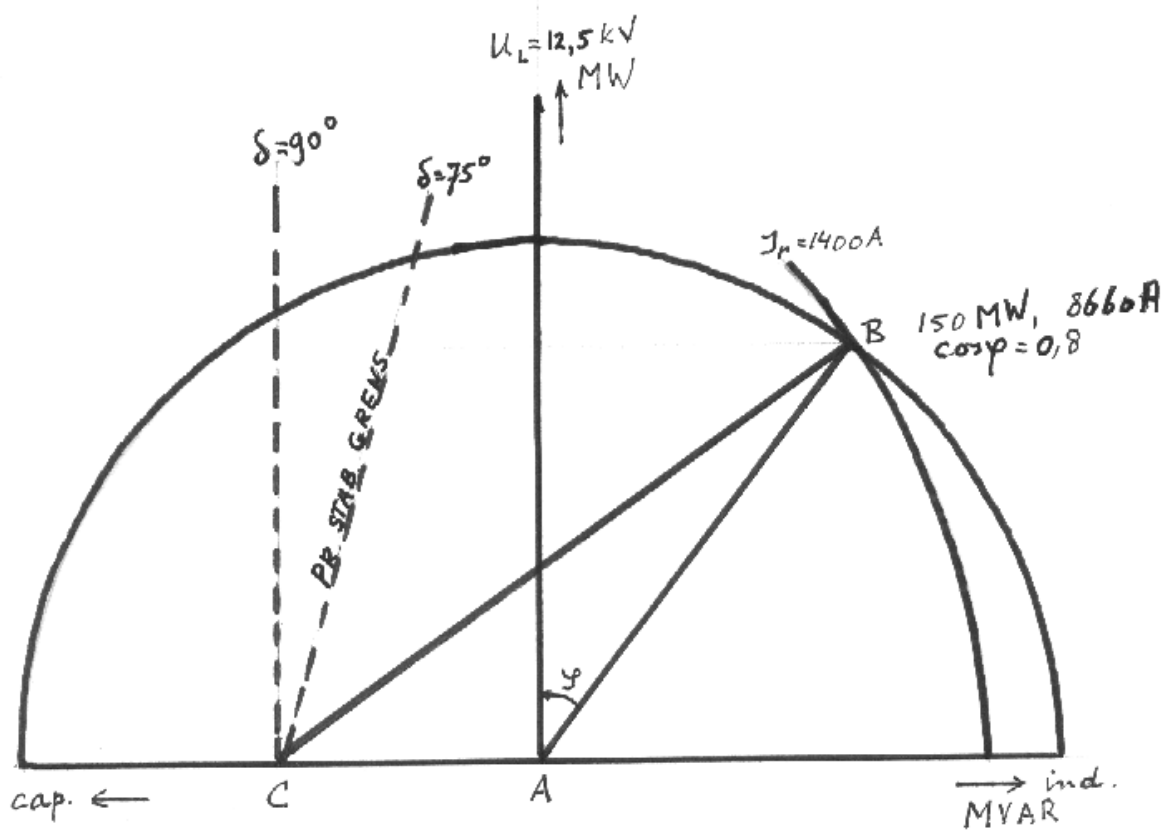
Figuur 1.



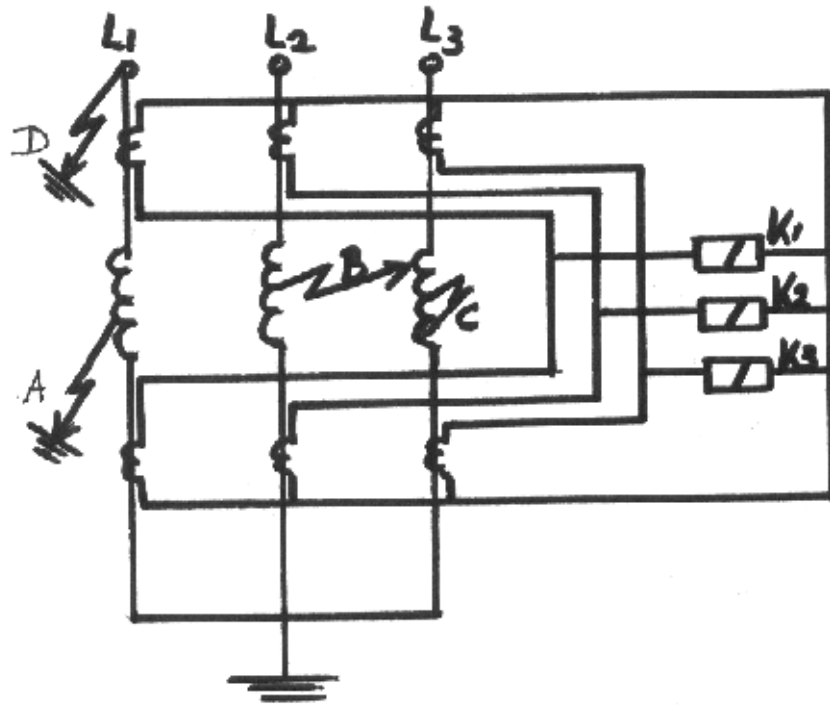
Figuur 2.

BIJLAGE 2

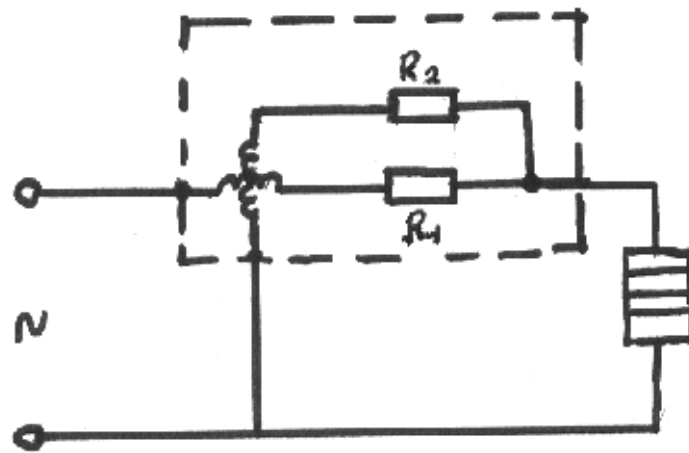
Deze bijlage hoort bij opgave 10



BIJLAGE 3

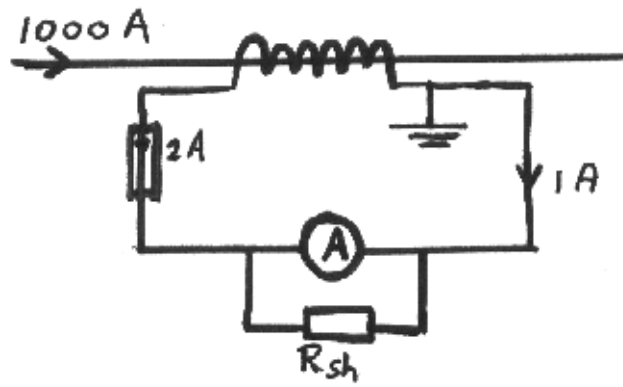


Figuur 3.

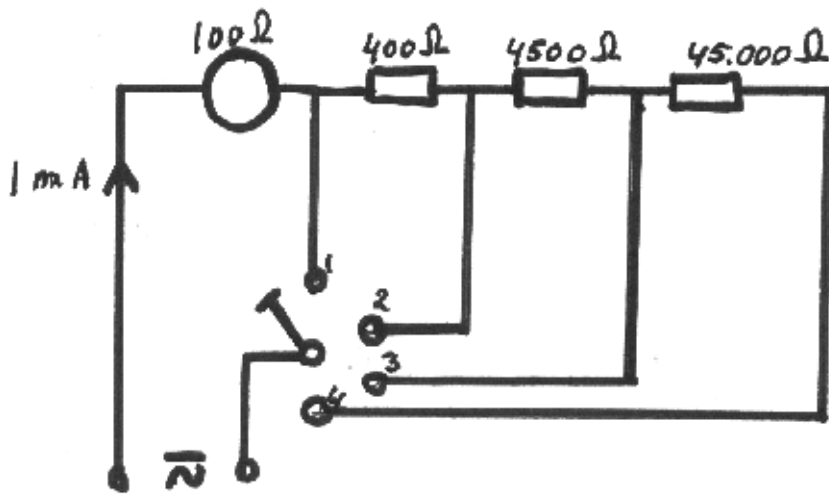


Figuur 4.

BIJLAGE 4



Figuur 5.



Figuur 6.

76 Proefexamen Afvalverbranding CE Onderhoudsmanagement

Tijd: 2 uur

1. In de definitie voor onderhoud, zoals die door de NVDO en door de EN 13306 wordt gegeven, hebben alle benodigde activiteiten tot doel om?
 - A. De installatie goed te laten werken.
 - B. Het systeem de benodigde functionaliteit te kunnen laten leveren.
 - C. Zo laag mogelijke onderhoudskosten te hebben.
 - D. Zo min mogelijk stilstand van de installatie te hebben.

2. De onderhoudsdoelstelling wordt bepaald door de balans te vinden in het toewijzen van middelen en het bereiken van de bedrijfsbehoeften. Wat wordt hiermee bedoelt?
 - A. Dat er voldoende onderhoud gepleegd moet worden om geen stilstand te hebben.
 - B. Dat de onderhoudsdienst voldoende budget moet hebben om te kunnen werken.
 - C. Er moet een afweging plaatsvinden tussen hoeveel onderhoud er gepleegd wordt en hoeveel onderhoud er gedaan kan worden.
 - D. Wat wil het bedrijf betalen (kosten) voor de gewenste service graad (onderhoudsdoelstelling) van de onderhoudsafdeling?

3. Het bepalen van de veiligheidsnormen voor de onderhoudsuitvoering kan reactief en proactief gebeuren. Wat is een reactieve manier om deze veiligheidsnormen vast te stellen?
 - A. Op basis van het analyseren van onderhoudsactiviteiten en daarmee verbandhoudende risico's.
 - B. Door het houden van veiligheidsaudits.
 - C. Op basis van jurisprudentie en eigen bedrijfservaringen op het gebied van veiligheidsincidenten.
 - D. Op basis van aanpassing van geldende regel en wetgeving naar de eigen bedrijfssituatie.

4. Tussen de bedrijfsprocessen voor onderhoud en productie is een directe link aanwezig. Welke van de volgende uitdrukkingen over deze wisselwerking is de meest correcte?
 - A. Meer productie leid tot meer onderhoud, onderhoud leid tot meer productie.
 - B. Productie maakt de installatie stuk, onderhoud repareert de installatie weer.
 - C. Gebruik van de installatie door productie creëert een onderhoudsbehoefte, onderhoud creëert beschikbaarheid voor gebruik van de installatie.
 - D. Onderhoud maakt productie mogelijk, Productie maakt onderhoud mogelijk.

5. Geeft de beste aanvulling op de volgende zin: Beleidsbepaling van de onderhoudsafdeling richt zich met name op:
 - A. Hoe groot het budget van de onderhoudsafdeling behoort te zijn.
 - B. Op welke wijze de bedrijfsmiddelen toegepast gaan worden.
 - C. Hoe de onderhoudsafdeling met productie omgaat.
 - D. Of er in dagdienst of in ploegen gewerkt wordt door de technische dienst.

- 6 Wat zijn de twee hoofd onderhoudstrategieën?
- A. Correctief en preventief onderhoud.
 - B. Correctief en toestandsafhankelijk onderhoud.
 - C. Toestands- en gebruiksaafhankelijk onderhoud.
 - D. Correctief en predicatief onderhoud.
- 7 Wat is de beste definitie voor preventief onderhoud?
- A. Preventief onderhoud behelst alle activiteiten voor dat een storing opgetreden is
 - B. Preventief onderhoud behelst alle activiteiten die ondernomen worden om een storing te voorkomen.
 - C. Preventief onderhoud is het plegen van gebruiksaafhankelijk onderhoud.
 - D. Preventief onderhoud behelst het uitvoeren van inspecties om zo een storing te kunnen voorspellen.
- 8 Wanneer de degradatie curve van een installatiedeel onder de minimale vereiste functionaliteit komt dan:
1 - is de installatie buiten haar functioneringskader
2 - is de installatie beschikbaar
- A. 1 is waar, 2 is waar
 - B. 1 is niet waar, 2 is waar
 - C. 1 is niet waar, 2 is niet waar
 - D. 1 is waar, 2 is niet waar
- 9 Als we een autoband beschouwen dan zijn de 2 voor de hand liggende storingsvormen lekrijden en te ver versleten loopvlak. Welke onderhoudsstrategie behoort bij lekrijden en waarom?
- A. Storingsaafhankelijk onderhoud: omdat de kans op lekrijden constant is, heeft een preventatieve vervanging geen nut.
 - B. Toestandsaafhankelijk onderhoud: omdat we pas vervangen als de band lek is geraakt.
 - C. Gebruiksaafhankelijk onderhoud: Omdat na 20.000 km de band versleten is moet hij vervangen worden.
 - D. Correctief onderhoud: omdat als de band lek is de functie niet meer geleverd kan worden.
- 10 Bij storingsaafhankelijk onderhoud zijn er 2 verschillende onderhoudsstrategieën: gepland en ongepland storingsaafhankelijk onderhoud. Welke lijstje bevat de beste voorbeelden waar gepland storingsaafhankelijk onderhoud een goede onderhoudstrategie zou zijn?
- A. Kalkaanslag in een peilbuis, Vlotter van een watertank die doorlekt, kapotte verlichting bij een trap.
 - B. koelkast van het personeel is kapot, beschadigde aanrijdbeveiliging (vangrail) op de hoek van het gebouw, roestige isolatiebeplating.
 - C. Kapotte knelbeveiliging van de lift, piepende scharnieren van een deur, het bureaulampje van de directeur brand niet.
 - D. Airco van de controlekamer is kapot, zekering van een bedrijfskritische pomp is gesprongen, wegbelijning vervaagt door slijtage.
- 11 Stel het bedrijf heeft een 24 uursbedrijf, 7 dagen per week. Een installatiedeel, dat normaliter in bedrijf is als de fabriek ook in bedrijf is, heeft een gebruiksaafhankelijke onderhoudstrategie waarvan het interval 336 bedrijfsuren is. Wat zou jij doen?

- A. Een urenteller monteren en op basis van de urenstand de strategie inplannen.
- B. Geen urenteller plaatsen en elke 2 weken deze strategie inplannen.
- C. Urenteller plaatsen en elke twee weken de strategie inplannen.
- D. De onderhoudstrategie herzien.
- 12 Bij toestandsafhankelijk onderhoud is zijn een aantal eigenschappen van belang om een toestandsafhankelijke strategie toe te kunnen passen. Welke eigenschap is daarbij van ondergeschikt belang?
- A. Het installatiedeel heeft een degradatie curve die geleidelijk loopt en meetbaar is.
- B. Er is voldoende tijd voor een preventieve actie tussen het laatste meet moment en het optreden van een storing.
- C. De belasting van het installatiedeel.
- D. De kosten voor het meten wegen op tegen alternatieve strategieën.
- 13 Als je eigen auto als voorbeeld neemt en kijkt naar de gekozen onderhoudsstrategieën om de volgende storingen te voorkomen:
1 - wegvallen van smeeroliedruk in de motor door signalering op het dashboard
2 - Onvoldoende bandenprofiel door meeting profieldiepte bij elke beurt en notering daarvan in het onderhoudsboekje
Welk strategietype voor toestandsafhankelijk onderhoud is hier toegepast?
- A. Conditiebewaking in beide gevallen.
- B. Conditiebewaking bij 1 en inspectie bij 2.
- C. Inspectie in beide gevallen.
- D. Inspectie bij 1 en conditiebewaking bij 2.
- 14 Wat is de top 3 van oorzaken van storingen?
- A. Menselijke fouten, vervuiling en onvoldoende smering.
- B. Overbelasting, onvoldoende onderhoud en productiefouten.
- C. Productie, productie en productie.
- D. Breuk, slijtage en lekkage.
- 15 Wat is het juiste overzicht van het werkstroombeheer proces?
- A. Identificatie > acceptatie > werkvoorbereiding & inroosteren > uitvoering > feedback.
- B. Identificatie & acceptatie > priorisatie > werkvoorbereiding & inroosteren > uitvoering > feedback.
- C. Identificatie > werkvoorbereiding > planning & scheduling > uitvoering > feedback.
- D. Identificatie & acceptatie > priorisatie > scheduling & inroosteren > uitvoering & controle > feedback.
- 16 Wat voor soort werk zal men in de 'emmer' bij het werkstroombeheerproces vinden?
- A. Statutair werk, inspecties, strategie werk, storingen.
- B. Reparaties, preventief werk, inspecties en storingen.
- C. Statutair werk, strategie werk, inspectie opvolging, storingen.
- D. Reparaties, preventief werk, modificaties en storingen.
- 17 Wat bepaalt de lengte (in weken) van de werkstroomcycli?
- A. Het management bepaalt de lengte van de cyclus.
- B. De doorsnee levertijd van niet-voorraad artikelen, stroomlijning van de organisatie.

- C. Hoeveel werk er is voor de technische dienst, communicatie snelheid tussen afdelingen.
- D. De snelste levertijd van niet-voorraad artikelen, de benodigde tijd voor werkvoorbereiding.
- 18 Welke werkzaamheden komen 'automatisch' in de emmer van een werkstroomcyclus terecht?
- A. Storingen en strategie werk.
- B. Statutair werk en storingen.
- C. Storingen en inspectie opvolging.
- D. Statutair en strategie werk.
- 19 Hoeveel weken zou de werkvoorraad van een technische dienst idealiter zijn?
- A. 5 tot 6 weken.
- B. Klein bij hoge productievolumes en groter bij lage productievolumes.
- C. Net zo groot als de gekozen lengte van de werkstroomcycli.
- D. Ligt aan het aantal mensen in de technische dienst die het werk uitvoeren.
- 20 Waarom is priorisatie van werkzaamheden nodig?
- A. Sommige werkzaamheden zijn belangrijker dan andere.
- B. Om te kunnen aangeven welke werkzaamheden uitgeschoven kunnen worden.
- C. Het bepalen van de volgorde van werkzaamheden (tijd element) en capaciteitmanagement.
- D. Om afspraken met productie te kunnen maken voor het beschikbaar krijgen van de installatie voor de werkzaamheden.
- 21 De handover procedure (of overdracht) van een installatie van productie naar onderhoud en omgekeerd versa is een belangrijk element in de uitvoering bij het werkstroombeheerproces. Welk van de onderstaande uitdrukkingen is juist?
- 1 - Om een installatie terug te accepteren vanuit onderhoud naar productie, is enige kennis van het functioneringskader nodig.
- 2 - Productie is verantwoordelijk voor het schoonmaken van de installatie voor en na een overdracht.
- A. 1 is juist, 2 is juist
- B. 1 is onjuist, 2 is onjuist
- C. 1 is onjuist, 2 is juist
- D. 1 is juist, 2 is onjuist
- 22 Na elke uitvoeringsweek, zal in de wekelijkse planningmeeting de feedback van de afgelopen werkstroomcyclus besproken worden. Wat is de belangrijkste reden voor deze activiteit?
- A. Het verzamelen en evalueren van leermomenten om de bestaande werkwijze te kunnen verbeteren.
- B. Om mensen die niet waargemaakt hebben wat afgesproken is aan te kunnen spreken.
- C. Om vast te stellen wat de bevindingen van de verschillende inspecties zijn geweest die afgelopen week uitgevoerd zijn.
- D. Om management te kunnen informeren over de geleverde prestaties en voortgang van het proces.
- 23 Het Risk Priority Number is een methodiek om:
- A. Helpt bij het vaststellen van het risico van werkzaamheden.
- B. De prioriteit van uit te voeren werkzaamheden vast te kunnen stellen.

- C. Vast te stellen hoe installaties buiten hun functioneringskader kunnen raken.
- D. Installatiedelen op enigszins objectieve wijze een rangorde te kunnen geven op kritiekheid.
- 24 Voor het Risk Priority Number zullen er tabellen met de criteria voor de bepaling van het gewicht van elk van de 3 componenten van het RPN bepaald moeten worden. Wat is het nadeel van het hebben van een schaal van 3? (1, 2 en 3)
- A. Is geen nadeel, de analyse zal sneller en makelijker zijn.
- B. De analyse wordt te grof waardoor meerdere systemen een zelfde nummer uit het RPN kunnen krijgen.
- C. Het is niet mogelijk om alle categorieën voor veiligheidsaspecten in een schaal van 3 te stoppen.
- D. Een schaal van 3 is te grof, er zal ook een 0 in de schaal opgenomen moeten worden.
- 25 Welke storing is direct detecteerbaar als hij optreedt?
- A. Water in de smeeroilie van een tandwielkast.
- B. Doorroesten van een ondergrondse transportleiding.
- C. Het breken van de veer van een overdrukbeveiliging.
- D. Uitval van de ventilator in een gekoeld elektrisch cabinet.
- 26 Welke twee elementen zijn van belang bij het vaststellen van het storingsgedrag van een installatie?
- A. Detecteerbaarheid en het effect van de storing.
- B. De storingsgraad en de voorspelbaarheid van de storing.
- C. De voorspelbaarheid en de meetbaarheid van de storing.
- D. De storingsgraad en de spreiding van het interval van de storingen.
- 27 Waarom heeft het preventief wisselen van een autoband geen zin om lek rijden te voorkomen?
- A. Omdat deze storing een wisselende storingsgraad heeft.
- B. Omdat deze storing een gespreide storingsgraad heeft.
- C. Omdat deze storing een constante storingsgraad heeft.
- D. Omdat alle auto's een reservewiel of thuishomertje hebben.
- 28 Bij een stijgende storingsgraad:
- A. Neemt de kans op storing af naarmate de gebruiksduur langer wordt.
- B. Neemt de kans op storing toe naarmate de gebruiksduur langer wordt.
- C. Stijgt het aantal storingen.
- D. Wordt het interval tussen de storingen steeds kleiner.
- 29 Bij een dalende storingsgraad is de gekozen onderhoudsstrategie bij voorkeur..., omdat:
- A. Storingsafhankelijk onderhoud: want de kans op storing is na onderhoud groter dan ervoor.
- B. Regelmatige inspectie omdat dan de juiste werking te beproeven valt.
- C. Storingsafhankelijk onderhoud: want de storing is niet te voorspellen.
- D. Gebruiksafhankelijk onderhoud omdat dan de kans op stilstand klein is.

30

Wat is het verschil tussen een FMECA en een FMEA?

- A. Een FMECA is kwalitatief (wat is het effect van een storingsvorm) en FMEA is kwantitatief (wat is de reikwijdte van het effect van een storingsvorm).
- B. Ze zijn hetzelfde, maar worden door elkaar gebruikt.
- C. Een FMEA is om onderhoudsstrategieën te bepalen en een FMECA om de Risk Priority Number toe te kunnen passen.
- D. Een FMEA is kwalitatief (wat is het effect van een storingsvorm) en FMECA is kwantitatief (wat is de reikwijdte van het effect van een storingsvorm).

Proefexamen Rookgasreiniging CE nr 84

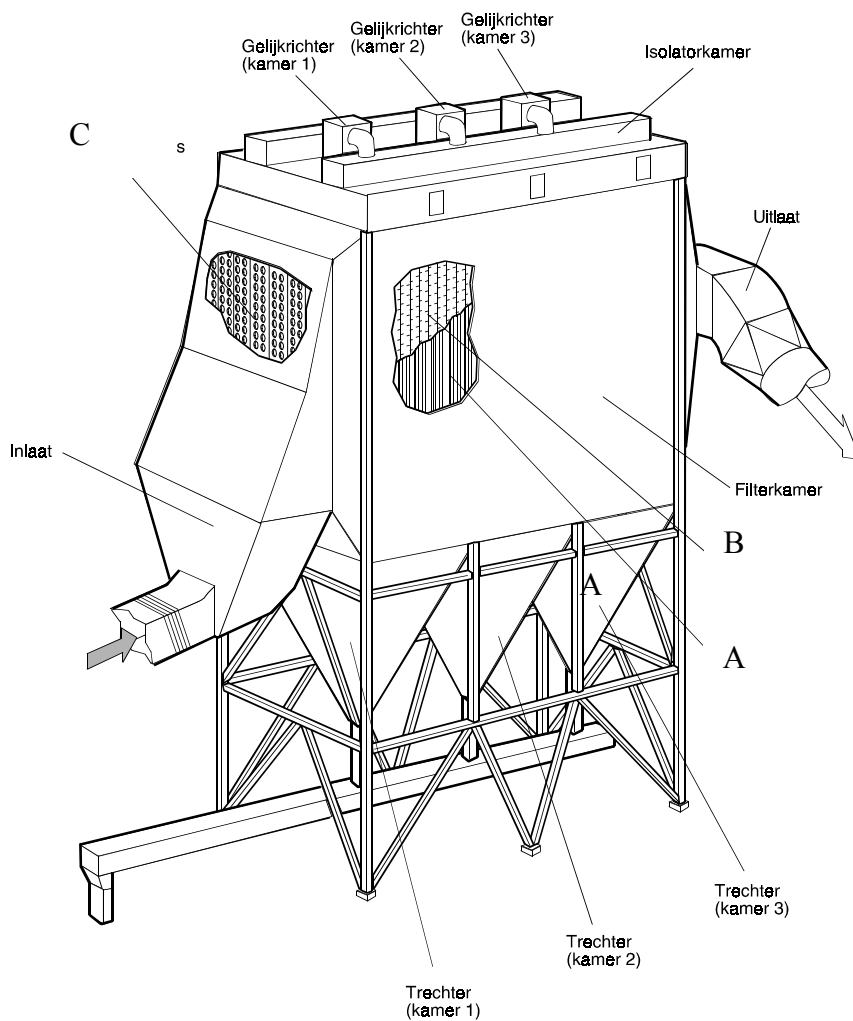
Aantal vragen 12

Totaal te behalen punten 330 punten, elke vraag deelvraag 10 punten

Vraag 1.

Op afbeelding 1 is een tekening weergegeven van een E-Filter.

- Benoem de componenten A tot en met C
- Noem de criteria waaraan een E-Filter moet voldoen om goed te kunnen functioneren.
- Waarom heeft de temperatuur van de rookgassen een grote invloed op de werking van het E-Filter, licht dit toe aan de hand van een eenvoudig rekenvoorbeeld.

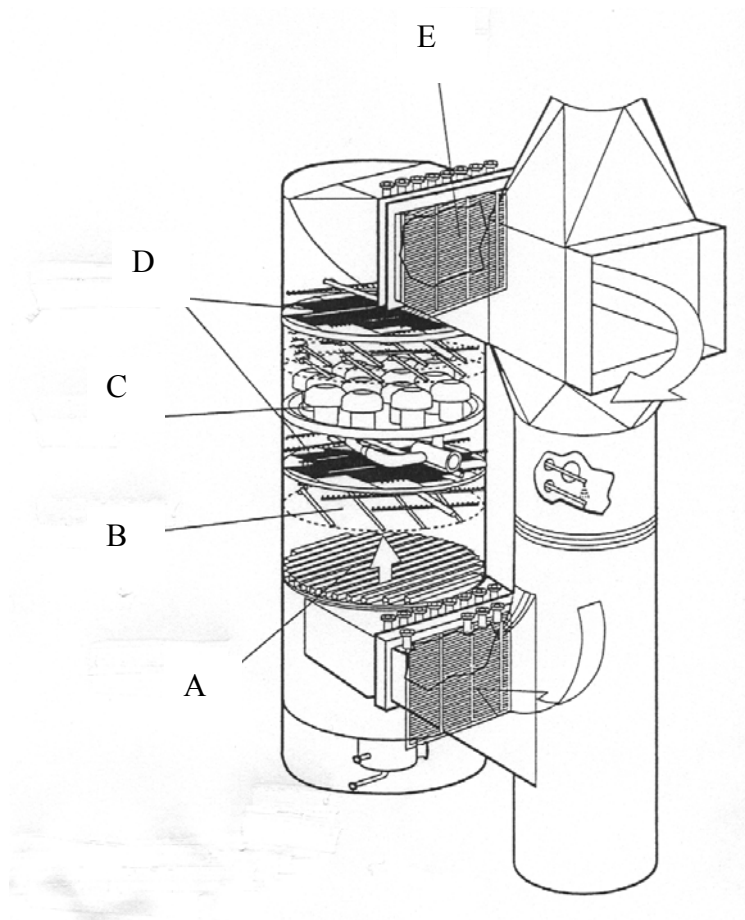


Afbeelding 1

Vraag 2.

Op afbeelding 2 is een willekeurige wasser afgebeeld.

- Benoem de componenten A tot en met E.
- Beschrijf het wezenlijke doel van zogenaamde Demisters.
- Welke pH is gebruikelijk in de zure trap, geef een waarde en een goed argument voor de door u opgegeven waarde.
- De pH die in de basische trap gehandhaafd wordt is bij veel installaties circa 6,2, de dichtheid maximaal $1,12 \text{ kg/dm}^3$ om welke redenen wordt dit gedaan?
- Wat verstaat u onder het zogenaamde memory effect van een wasser?



Afbeelding 2.

Vraag 3.

Tijdens de verbranding van afval ontstaan onder andere ook Stikstofoxiden, ook wel NO_x genaamd.

- a. Wat verstaat onze wetgever onder NO_x ?
- b. Welke gevaren kleven er aan de uitstoot van NO_x ?
- c. Welke soorten NO_x onderscheidt men? (de manier van vorming)
- d. Wat maatregelen kent u om de vorming van NO_x *primair* te beperken?
- e. Waarom is bij een SCR installatie een bewaking van een te lage bedrijfstemperatuur van belang?

Vraag 4.

Voor de afvangst van Dioxinen en Furanen wordt vaak Actief Kool of Sorbaliet gebruikt. Men doet dit door bijvoorbeeld Actief Kool in te spuiten in het doekenfilter.

- a. Wat wordt onder de naam Dioxinen verstaan?
- b. Op welk principe berust de afvangst van Dioxinen en Furanen met behulp van Actief Kool?
- c. Slecht werkende basische wastrappen en / of Demisters kunnen de werking van het doekenfilter nadelig beïnvloeden, waarom is dit?
- d. Beschrijf het verschil tussen chemisorptie en fysisorptie.
- e. Wat is of zijn de andere functies van het Actief Kool behalve PCDD en PCDF afvangst?
- f. Wat wordt onder de TEQ waarde verstaan als men het over dioxinen heeft?

Vraag 5.

In sommige installaties wordt een sproeidroger toegepast.

- A. Om welke reden wordt een sproeidroger toegepast.
- B. Als gevolg van een verkeerde bedrijfsvoering van de sproeidroger, worden de zouten die afgevoerd moeten worden amorf, met verstopping tot gevolg. Wat wordt bedoeld met amorf en hoe lost men deze foutieve bedrijfsvoering op?

Vraag 6.

Van welke factoren is de Rookgastemperatuur na passeren van de Quench afhankelijk? Men noemt dit ook wel de Quench temperatuur.

Vraag 7.

In de zure wastrap worden onder andere HCl en HF afgevangen, HCl is gemakkelijk af te vangen HF niet, hoe bevordert men de afvangst van HF?

Vraag 8.

Wat wordt verstaan onder:

- a. Precipitatie
- b. Sedimentatie

Vraag 9.

Uit een rookgasmeting blijkt dat er 12,6 Normalkuub SO₂ per uur de ketel verlaat.
Met hoeveel ppm komt dit overeen?

Atoommassa S = 32

Atoommassa O = 16

Volume van 1 kilomol gas bedraagt bij Normaalcondities 22,4 m₀³

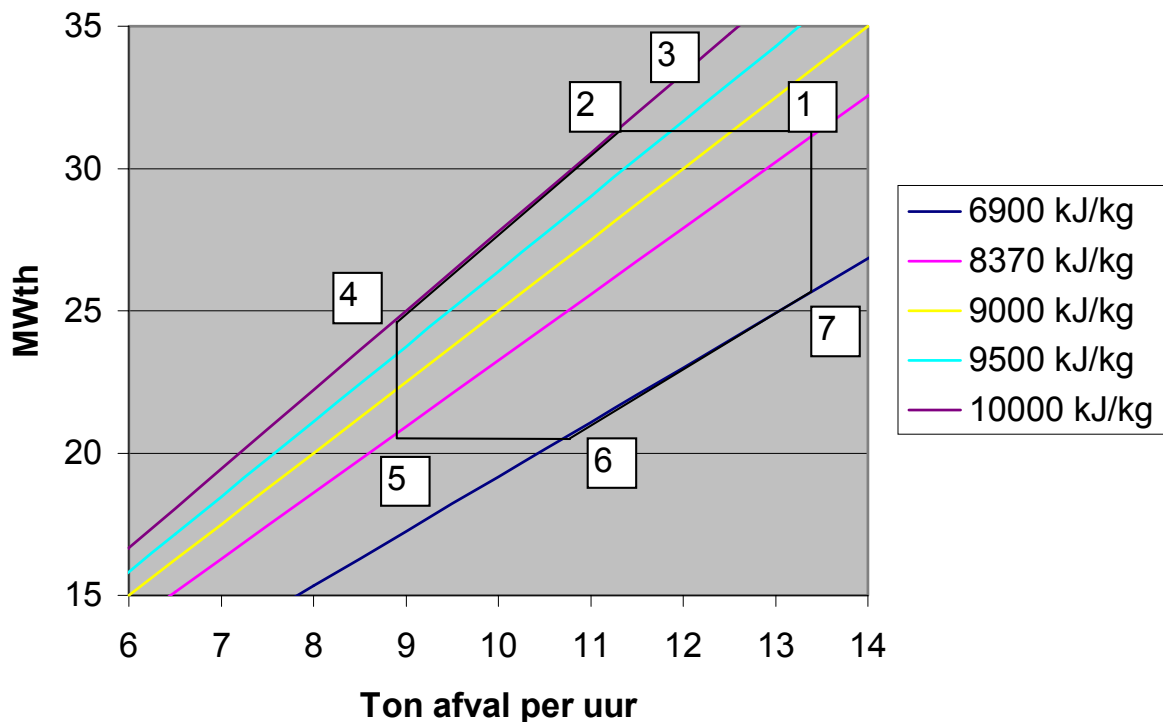
Vraag 10.

Noem minimaal drie factoren die van invloed zijn op zwavelcorrosie, ook wel Lage
Temperatuur Corrosie genaamd.

Vraag 11.

Op onderstaande figuur is een zogenaamd stookdiagram weergegeven. Dit diagram heeft een
aantal grenzen, benoem of geef de betekenis van:

- A lijn 1-2
- B lijn 4-5
- C lijn 1-5
- D gebied 1-2-4-5-1
- E punt 1

Stookdiagram**Vraag 12.**

Wat wordt bij doekenfilters vertaan onder de Doekbelasting, of anders genoemd de Air Cloth
Ratio, ACR?

(63) Proefexamen Afvalverbranding CE Stoomketels

Tijd: 3 uur **Puntentelling:** Totaal 190 punten.

Vraag 1.

Bij een stoomketel onderscheiden we het zogenaamde Stralingsgedeelte en het Convectiegedeelte.

- a. Wat is het doel van het stralingsgedeelte?
- b. Wat wordt verstaan onder de Vuurhaardtemperatuur?
- c. Wat is ten aanzien van de “Standtijd” van de ketel de maximaal toelaatbare vuurhaardtemperatuur? Waarom juist deze temperatuur?

Vraag 2.

Wat wordt verstaan onder negatieve oplosbaarheid?

Vraag 3.

Om welke reden moet de pH van het ketelwater bij 25 °C circa 9,5 bedragen?

Vraag 4.

Van een ontgasser zijn de volgende gegevens bekend:

- Ontgasserdruk 3,6 bara
- Temperatuur condensaat 100 °C
- Temperatuur suppletiewater 20 °C
- Hoeveelheid condensaat 300 ton/uur
- Hoeveelheid suppletiewater 33,33 ton/uur
- $c_{\text{water}} = 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C}$
- $n = 1,14$
- Stoomcondities 3,8 bar en 160 °C
- $\mu = 0,9$ (= contractiefactor)
- $d = 10 \text{ mm}$ (= diameter orifice)
- 1 pijp op ontgasser
- omgevingstemperatuur bedraagt 20 °C

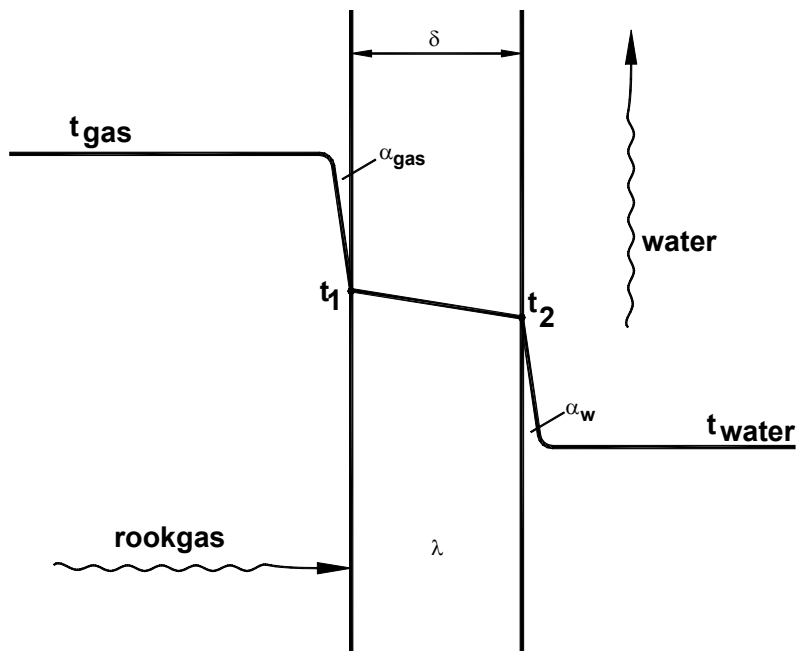
Gevraagd:

- a. Bereken het stoomverbruik van de ontgasser.
- b. Bereken het warmteverlies van de ontgasser.

Vraag 5.

Op de tekening is een pijpstuk van een economizer getekend.
Hierop zijn de volgende gegevens van toepassing:

De rookgastemperatuur	$t_g = 200 \text{ }^\circ\text{C}$
Warmte overdrachtcoëfficiënt gas \rightarrow pijp	$\alpha_{\text{gas}} = 20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Wanddikte pijp	$\delta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
Warmte doorgangcoëfficiënt pijp	$\lambda = 50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
Warmte overdrachtcoëfficiënt pijp \rightarrow water	$\alpha_w = 2500 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Watertemperatuur	$t_w = 140 \text{ }^\circ\text{C}$



Gevraagd:

- Bereken de warmtestroom Q door deze pijp als het oppervlak 300 m^2 bedraagt.
- Bereken de wandtemperatuur t_1

Vraag 6.

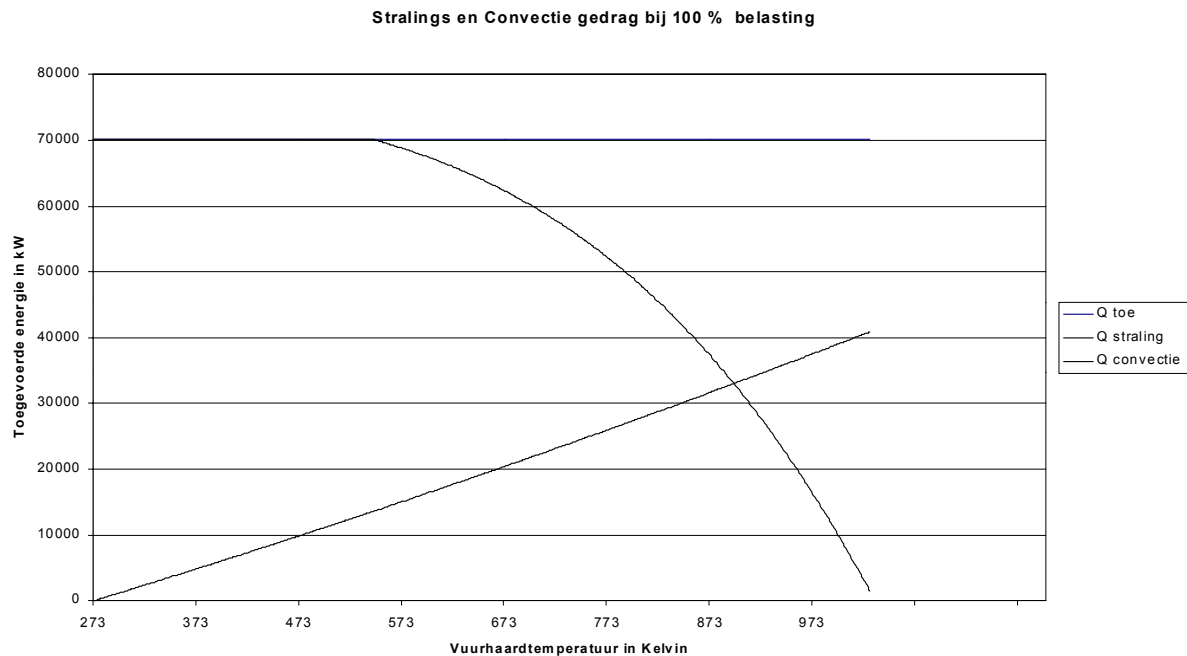
De door de ketel geproduceerde hoeveelheid Oververhitte Stoom wordt gekoeld met behulp van waterinspuiting. Op deze inspuitspoelers zit een beveiliging opdat de stoom **niet in de verzadiging** gespoten kan worden.

- Wat wordt bedoeld met **niet in de verzadiging spuiten**?
- Wat houdt deze beveiliging in?

Vraag 7.

Op onderstaande tekening is voor een bepaalde belastingtoestand een verbrandingsdiagram van Terlinde weergegeven:

- a. Schets in het diagram de nieuwe situatie na vergroting van de luchtfactor. Trek vervolgens uw conclusie.



Vraag 8.

Hoe wordt magnetiet corrosie veroorzaakt?

Vraag 9.

In bepaalde bedrijfssituaties kan in een stoomketel Lage Temperatuur Corrosie ontstaan.

- a. Wat verstaan we onder Lage Temperatuur Corrosie?
- b. Als gevolg van welke bedrijfssituaties kan Lage Temperatuur Corrosie ontstaan? Noem er minimaal twee.
- c. Licht dit toe met een rekenvoorbeeld.

Vraag 10.

Bij afvalgestookte ketels is er bij intrede convectiegedeelte altijd een verdamper bundel geplaatst, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld kolen gestookte ketels.

- a. Wat is de functie van deze verdamperbundel? Noem er twee.

FORMULEBLAD

$$m = V \cdot \rho$$

$$\lambda = \frac{20,95}{20,95 - \%O_{2\text{gemeten}}}$$

$$Q = 2\pi l \lambda \times \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

$$M_{\text{praktisch}} = \frac{1}{23} \cdot \lambda \cdot \{ \%c \cdot \frac{8}{3} + 8 \cdot \left(\%h - \frac{\%O_2}{8} \right) + \%s \} =$$

$$t_1 - t_4 = \frac{\dot{Q}}{A} \times \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_u} \right)$$

$$H_b = 340 \cdot \%C + 1440 \cdot \left(\%H - \frac{\%O}{8} \right) + 105 \cdot \%S$$

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_u} \right)} \times (t_1 - t_4)$$

$$25 \cdot (9 \cdot \%H + \%W) = \text{Condensatiewarmte}$$

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{in}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{uit}} \right)}$$

$$\Delta T_{\text{gem}} = \frac{\Delta T_{\text{max}} - \Delta T_{\text{min}}}{Ln \frac{\Delta T_{\text{max}}}{\Delta T_{\text{min}}}}$$

$$Q = k \cdot A \cdot \Delta T_{\text{gem}}$$

$$Q_{\text{straling}} = c_{\text{straling}} \cdot BO \cdot \left\{ \left(\frac{T_{\text{vuurhaard}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{pijpwand}}}{100} \right)^4 \right\}$$

$$q = \frac{Q}{BO}$$

$$Q_{\text{schoorsteen}} = \dot{m}_{\text{rookgas}} \cdot c_{\text{rookgas}} \cdot t_{\text{rookgas}}$$

$$(H \cdot g \cdot \rho_{stijgpijp}) + \Delta p_{weers\ tan\ dstijgpijp} = (H \cdot g \cdot \rho_{valpijp}) - \Delta p_{weers\ tan\ dvalpijp}$$

$$p_{circulatie} = H \cdot g \cdot (\rho_{valpijp} - \rho_{stijgpijp})$$

$$p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n$$

$$\dot{m}_s \cdot V_s = A \cdot v \cdot \mu$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad m/s$$

$$Q_{toe} = \dot{m}_b \cdot H_o + \dot{m}_b \cdot c_b \cdot (t_b - t_r) + \dot{m}_b \cdot M_{lpr} \cdot c_l \cdot (t_l - t_r) + P_{circpomp}$$

$$Q_{straling} = k \cdot Q_{toe}^{0,7}$$

$$Q_{CO} = \dot{V}_g \cdot \left(\frac{vol\% CO}{100} \right) \cdot H_{CO}$$

$$\eta_{direct} = \left(\frac{Q_{opgenomen}}{Q_{toe}} \right) \cdot 100\%$$

$$\eta_{indirect} = 1 - \left(\frac{Q_{verlies}}{Q_{toe}} \right) \cdot 100\%$$

Gemiddelde waarde voor α in W/m^2K	
Rookgassen naar staal	40
Rookgassen naar roet	23
Staal naar water	5800-10000 (7000)
Staal naar stoom	300-400 (350)
Ketelsteen naar water	5800-10000 (7000)
Staal naar lucht	12

Tabel 1. Gemiddelde waarde voor α .

Gemiddelde waarde voor λ in W/mK	
Staal	40
Ketelsteen	1,4
Roet	0,17
Lucht	0,025

Tabel 2. Gemiddelde waarde voor λ .

De DIN Norm 1942 rekt altijd met de volgende waarden:

Soortelijke warmte water	c_w	=	4,19 kJ/kgK
Soortelijke warmte stoom	c_d	=	1,86 kJ/kgK
Soortelijke warmte lucht	c_l	=	1,005 kJ/kgK
Soortelijke warmte rookgas	c_g	=	1,0 kJ/kgK
Soortelijke warmte aardgas	c_a	=	2,2 kJ/kgK
Richttemperatuur	t_r	=	25 °C
Soortelijke warmte vliegias	c_{vlieg}	=	0,84 kJ/kgK
Soortelijke warmte slak	c_{slak}	=	1 kJ/kgK
Stookwaarde CO	H_{CO}	=	12,633 MJ/m ³

De k factor $k = 0,0113$

Proefexamen Stoomketels CE (63)

Toegestane Hulpmiddelen:

- Stoomtabel
- Rekenmachine
- Bijgeleverd formuleblad
- Tijd 3 uur.

Puntenwaardering:

Vraag	Punten
1	30
2	10
3	10
4	40
5	20
6	20
7	10
8	10
9	30
10	10

Totaal 190 punten

Proefexamen Afvalverbranding CE Stoomturbines (nr. 88)

Toegestane hulpmiddelen: Stoomtabel, rekenmachine h-s diagram

Opgave 1

Aantal punten 50.

Elk onderdeel levert 5 punten op.

Van een Zoelly turbine met 9 druktrappen is gegeven:

- gemiddelde diameter van de wielen	0,6 m
- rotatiefrequentie van de rotor	106 s^{-1}
- uittreehoek van de loopschoepen	155°
- intreehoek van de loopschoepen	31°
- absolute uittreehoek van de stoom na elke trap	90°
- straalbuiscoëfficiënt	0,94
- loop schoepcoëfficiënt	0,90
- stroomverbruik	10 kg/s
- aanstroomsnelheid van de stoom verwaarlozen	

Gevraagd:

- Geef een definitie van een Zoelly turbine.
- Wat wordt onder gedeeltelijke bestrijking bij een Zoelly turbine verstaan?
- Waarom wordt gedeeltelijke bestrijking toegepast?
- Zijn de straalbuizen van een Zoelly turbine divergerend, convergerend of convergerend/divergerend? Verklaar uw antwoord.
- Bereken de gemiddelde omtreksnelheid van de schoepen.
- Bereken de theoretische warmteval in de turbine.
- Bereken het stromingsrendement van een trap.
- Bereken de axiale kracht op de rotor.
- Om welke reden wordt de druk in de condensor zo laag mogelijk gekozen? Wat is hiervoor een gebruikelijke waarde?
- In bepaalde installaties wordt duidelijk afgeweken van de waarde zoals in vraag i gevraagd wordt, wat is hiervan de reden?

Opgave 2

Aantal punten 50.

Elk onderdeel levert 5 punten op.

Van een Parson turbine is gegeven:

-	Reactiegraad	50 %
-	diameter loopschoepen	0,655 m
-	theoretische warmteval van een trap	40 kJ/kg
-	lei- en loopschoepcoëfficiënt	0,90
-	rotatiefrequentie	78 s ⁻¹
-	diameter van het wiel	0,655 m
-	intreehoek	$\alpha_1 = 20^\circ$
-	uittreehoek	$\beta_2 = 160^\circ$
-	hoeveelheid doorstromende stoom	0,5 kg/s
-	aanstroomsnelheden verwaarlozen.	

Gevraagd:

- Geef een definitie van een overdrukturbine.
- Waarom wordt een overdrukturbine niet voor het hoge drukken toegepast?
- Waarom wordt een Parson turbine met een “blinde” zuiger uitgevoerd?
- Waarom neemt naar het eind van de turbine de schoeplengte toe?
- Waarom kiest men in het algemeen een reactie graad van 50%?
- Teken de snelheidsdriehoeken (1 cm = 20 m/s).
- Bereken de tangëntiaalkracht op de loopschoepen.
- Bereken het theoretisch vermogen.
- Bereken het schoepvermogen.
- Bereken het stromingsrendement.

70 Proefexamen afvalverbranding CE Thermodynamica

Tijd: 2 uur

Bijlagen: h-x diagram
formuleblad

Opgave 1 (Aantal punten 25. a=4 b= 7 c=7 en d =7)

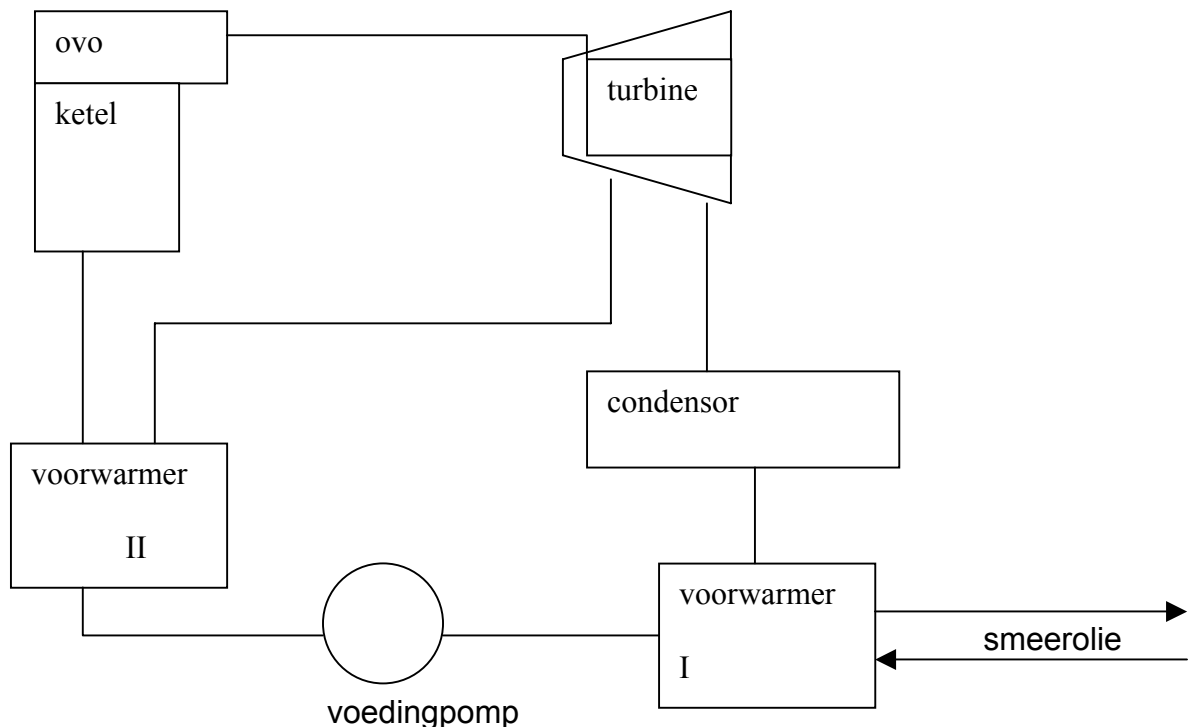
Een (ideaal)gasmengsel bestaat uit: 80% m/m methaan CH_4
10 % m/m kool dioxide CO_2
10 % m/m ethaan C_2H_6

Atoommassa's:
Waterstof H= 1
Koolstof C = 12
Zuurstof O = 16

Gevraagd:

- Wat is een ideaal gas?
- Bereken de dichtheid van het gasmengsel bij 1 bar en 0°C (normaalcondities).
- Bereken de volumepercentages bij normaalcondities van de methaan, koolstofdioxide en ethaan.
- Bereken het volume van 5 kg gasmengsel bij 1,1 bar en 20°C .

Opgave 2 (Aantal punten 25 a= 6 b= 7 c=6 d=6)



In bovenstaand schema is een kringloop van een turbine installatie weergegeven. Het systeem is voorzien van twee voorwarmers. Voorwarmer I verwarmd het condensaat door middel cilinderkoelwater water van een motor.

Voorwarmer 2 gebruikt aftapstoom van de turbine.

Gevraagd:

- Teken een stippellijn zodanig dat een gesloten systeem wordt gevormd.
- Geef van elk blokje aan of er warmte en of arbeid aan het gesloten systeem wordt toe of afgevoerd en stel de vergelijking op van de eerste hoofdwet. (let hierbij vooral op de + en - tekens.)
- Hoe luidt de eerste hoofdwet voor open systemen?
- Omschrijf duidelijk de definitie van enthalpie

Opgave 3 (Aantal punten 30 a= 5 b=8 c=9 d=8 punten)

In een geïsoleerd cilinder bevindt zich lucht.

Het volume van de lucht is $0,001 \text{ m}^3$.

De begintemperatuur is $12 \text{ }^\circ\text{C}$.

De begindruk is 10 bar.

In de cilinder bevindt zich een zuiger. De lucht kan via een afsluiter naar de andere kant stromen. De afsluiter staat iets open.

De zuiger wordt honderd keer 0,16 m heen en weer bewogen.

De gemiddelde kracht tijdens het bewegen is 80 N.

De diameter van de zuiger is 8 cm.

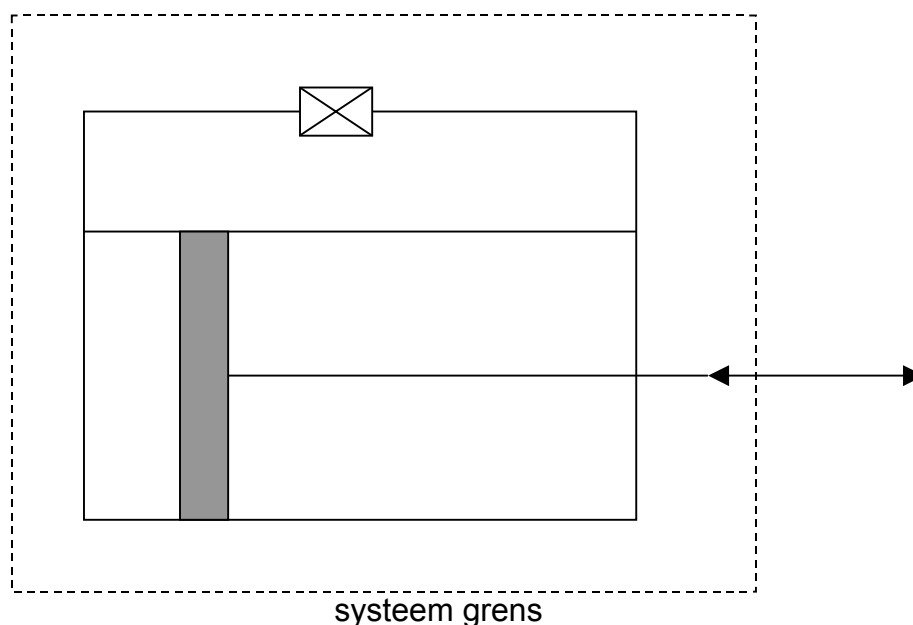
$R_s = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ $c_v = 718 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Gevraagd:

- Is dit een open of gesloten systeem?
- Hoe groot is het gemiddeld drukverschil over de zuiger tijdens de beweging?
- Bereken de eindtemperatuur van de lucht.

De afsluiter wordt gesloten als de zuiger in middenstand staat.

- Hoeveel kracht moet er op de zuiger worden uitgeoefend om hem 1 cm naar rechts te verplaatsen?



Opgave 4 (Aantal punten 20 a= 6 b=7 c=7)

Voor deze opgave is een h-x diagram voor vochtige lucht bijgevoegd (Bijlage 1).

In een luchtbehandelinginstallatie wordt een mengsel M van 60% retourlucht A en 40% buitenlucht verwarmd tot 30°C.

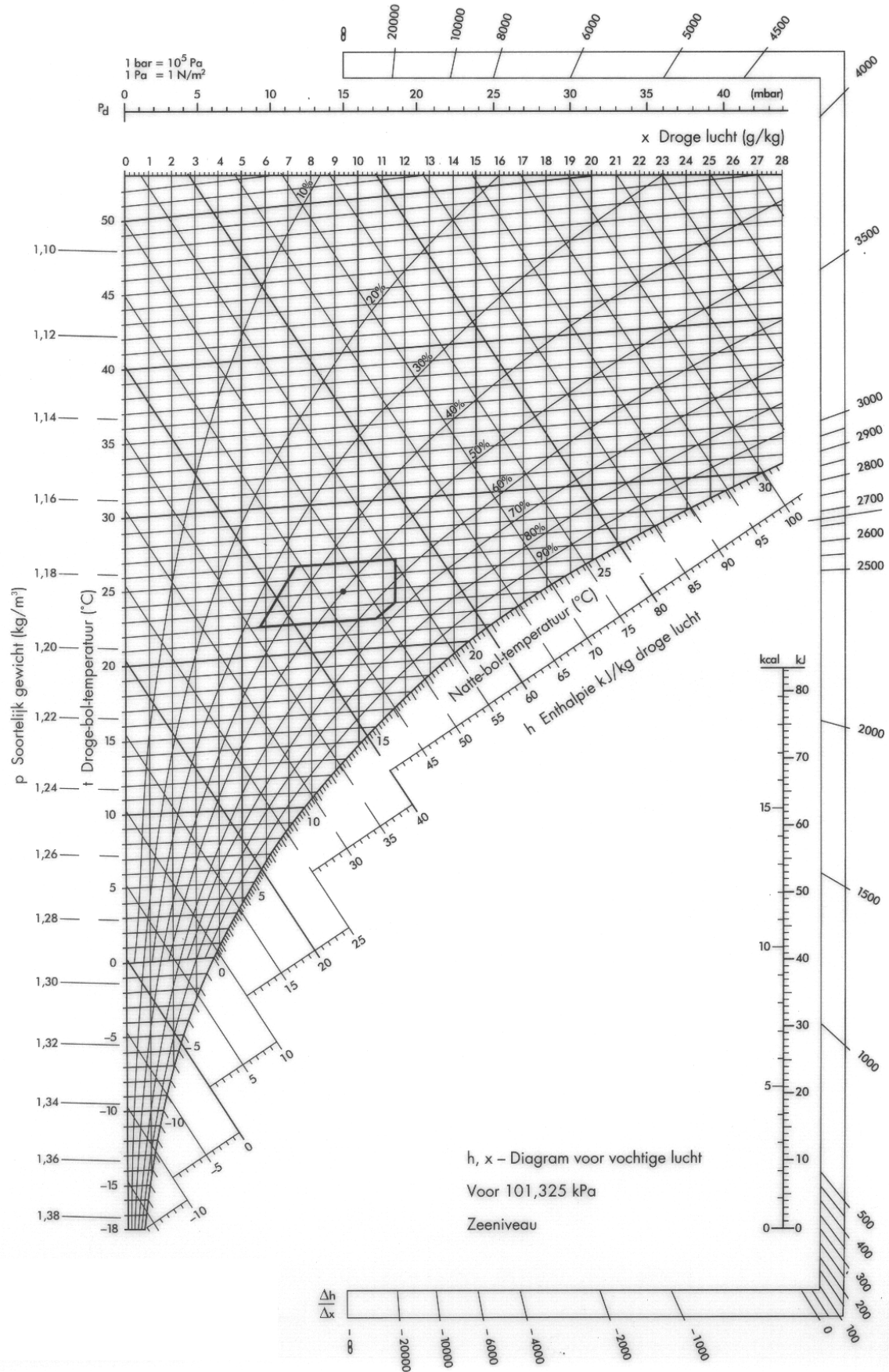
De retourlucht heeft een temperatuur van 25°C en een relatieve vochtigheid van 60%.

De buitenlucht heeft een temperatuur van 5°C en een natte bol temperatuur van 2°C.

Na verwarming wordt de lucht C bevochtigd met een enthalpie van 2500 kJ/kg
Er wordt 2 gr vocht ingebracht per kg droge lucht.

Gevraagd.

- a. Hoeveel warmte moet per kg droge lucht worden toegevoerd?
- b. Bepaal de eindconditie van de lucht na de bevochtiger punt D (temp en relatieve vochtigheid).
- c. Teken het proces in het h-x diagram en geef elke conditie met de juiste letter aan.



Formule blad Thermodynamica

Te gebruiken bij het examen Vapro C afvalverbranding

Let op.

Op dit formule blad zijn alleen specifiek formules vermeld.

Alle eenvoudige en gangbare formules dienen de cursisten te kennen.

Adiabatisch proces

$$W = \frac{-1}{\gamma - 1} (p_2 v_2 - p_1 v_1)$$

Isotherm proces

$$W = m \times R_s \times T \times \ln \frac{V_b}{V_a}$$

Isobaar

$$W = p(V_2 - V_1)$$

Poisson

$$2^{\text{e}} \text{ wet} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1}$$

$$3^{\text{e}} \text{ wet} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

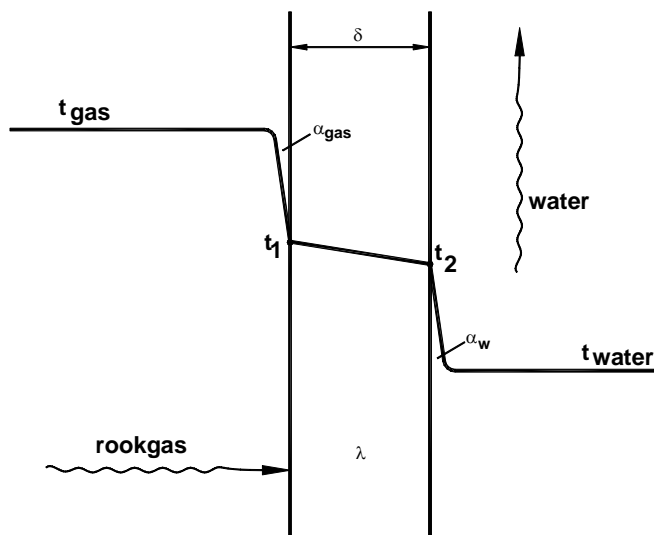
$$R_s = c_p - c_v$$

NIVEAU 4 STOOMTECHNIEK

TIJD 2 UUR

TOEGESTANE HULPMIDDELEN, REKENMACHINE, STOOMTABEL EN H-S DIAGRAM

1. Wat wordt verstaan onder het triple punt?
2. Bereken het soortelijk volume van stoom bij een druk van 30 bar absoluut en 400 °C. Het soortelijk volume bij normaalcondities bedraagt $v_0=1,2434 \text{ m}_0^3/\text{kg}$.
3. Bereken de entropie van natte stoom met een druk van 50 bara (5 MPa) en een dampgehalte van 78 %.
4. Bereken de temperatuur in een vat waarin verzadigde stoom aanwezig is met een druk van 10 bar (1 MPa) en waarin tevens 32 % lucht aanwezig is.
5. Wat is de reden dat voor verwarmingsdoeleinden bij voorkeur droge stoom wordt gebruikt?
6. Gegeven is de wand van een pijp.



De volgende gegevens zijn van toepassing:

De rookgastemperatuur

$$t_{\text{gas}} = 200 \text{ °C}$$

Warmteoverdrachtscoëfficiënt gas → pijp

$$\alpha_{\text{gas}} = 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Wanddikte pijp

$$\delta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Warmtegeleidingscoëfficiënt pijp

$$\lambda = 50 \text{ W}/\text{mK}$$

Warmteoverdrachtscoëfficiënt pijp → water

$$\alpha_{\text{w}} = 2500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Watertemperatuur

$$t_{\text{w}} = 140 \text{ °C}$$

Bereken de temperatuur t_1 , dit is de wandtemperatuur rookgaszijdig en de temperatuur t_2 , dit is de temperatuur aan de binnenzijde van de pijp.

7. Vergelijk twee warmtewisselaars met elkaar. Warmtewisselaar A staat in zuivere meestroom, het logaritmisches temperatuurverschil over warmtewisselaar A bedraagt:

$$\Delta T_{\text{gem}} = 160 \text{ K.}$$

Warmtewisselaar B staat in zuivere tegenstroom, het logaritmisch temperatuurverschil over warmtewisselaar B bedraagt: $\Delta T_{\text{gem}} = 208 \text{ K}$.

Bereken de verhouding in grootte van de warmtewisselaars ten opzichte van elkaar, als verder nog gegeven is dat de warmtestroom \dot{Q} en de k factor voor beide warmtewisselaars het zelfde zijn.

8. Bereken de enthalpie van kokend water bij een temperatuur van $30 \text{ }^\circ\text{C}$, als gegeven is dat de soortelijke warmte

$$c_p = 4,1906 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}).$$

9. Gegeven is een warmtewisselaar die in zuivere meestroom geschakeld is. Met verzadigde stoom wordt smeerolie opgewarmd.
De intredetemperatuur van het water: $t_{w \text{ in}} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$
De uittredetemperatuur van het water: $t_{w \text{ uit}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
De intredetemperatuur van de smeerolie: $t_{\text{in olie}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
De uittredetemperatuur van de smeerolie: $t_{\text{uit olie}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$

Bereken het logaritmisch temperatuurverschil over de warmtewisselaar.

10. Noem de kritieke grenzen die het zuurstofgehalte na de ontgasser heeft en geef tevens het gevolg hiervan.

11. Gegeven is een pijp met een diameter van 15 mm . In de pijp is een orifice geplaatst met een diameter van 5 mm . De pijp is aan de ene zijde verbonden met een vat, met daarin verzadigde stoom met een druk van 4 bar absoluut. De andere zijde van de pijp staat met de buitenlucht in verbinding. De buitenluchtdruk bedraagt 1 bar absoluut. De contractiefactor van de orifice bedraagt $0,8$ ($\mu = 0,8$).

Gevraagd:

Bereken de hoeveelheid stoom die door de pijp van het vat naar de buitenlucht stroomt.

12. Van een ontgasser is gegeven:
- | | |
|---|------------------------------------|
| De hoeveelheid condensaat bedraagt: | 360 ton/uur |
| De hoeveelheid suppletiewater bedraagt: | 5 kg/s |
| De temperatuur van het condensaat: | $t_c = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| De temperatuur van het suppletiewater: | $t_s = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ |

Bereken de temperatuur van het condensaat nadat het gemengd is met suppletiewater. Verder is gegeven dat de soortelijke warmte van het water $c_w = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ bedraagt.

13. Teken schematisch een Sankey-diagram van een condensatieturbine als gegevens is dat:
Diverse verliezen: 22% van de toegevoerde warmte.
Condensatieverlies: 41% van de toegevoerde warmte.
Levering elektriciteit: 37% van de toegevoerde warmte.

14. Gegeven is een condenspot.

De druk van het condensaat voor de condenspot bedraagt 6 bara . De temperatuur van het condensaat voor de condenspot bedraagt $130 \text{ }^\circ\text{C}$. Er wordt 30 kg/s aan condensaat afgevoerd. Na de condenspot bedraagt de druk 1 bara .

Bereken het verlies door naverdampen.

15. Van een stoominstallatie is het volgende gegeven:

Keteldruk: 50 bara

Stoomtemperatuur: 460 °C

Condensordruk: 0,06 bara

De stoom expandeert isentroop in de turbine.

Er is geen aftapstoom en er zijn geen voorwarmers in het systeem opgenomen.

Teken het proces in een T-s diagram en bereken de afgevoerde warmte in de condensor in kJ/kg.

16. Van een ketelinstallatie is het volgende gegeven:

Druk oververhitte stoom : $p_{os} = 60$ bara

Temperatuur oververhitte stoom : $t_{os} = 460$ °C

Druk voedingwater : $p_{vw} = 50$ bara

Temperatuur voedingwater : $t_{vw} = 140$ °C

Bereken het rendement volgens Carnot.

17. Gegeven is een stoominstallatie met een aftap condensatieturbine. Van deze installatie is het volgende gegeven:

Druk oververhitte stoom : $p_{os} = 100 \text{ bara}$
 Temperatuur oververhitte stoom : $t_{os} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$
 Enthalpie oververhitte stoom : $h_{os} = 3374,6 \text{ kJ/kg}$

Condensordruk : $p_c = 0,08 \text{ bara}$
 Enthalpie kokend water uit condensor : $h_w = 173,86 \text{ kJ/kg}$

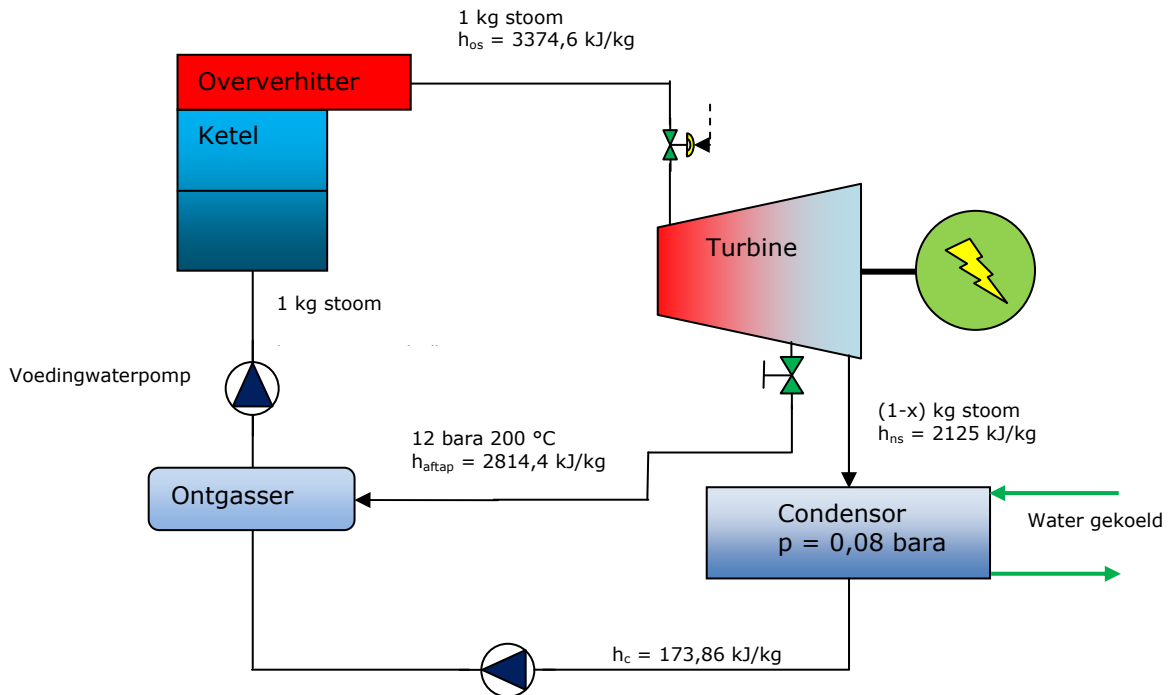
Druk aftapstoom : $p_{aftap} = 12 \text{ bara}$
 Temperatuur aftapstoom : $t_{aftap} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$
 Enthalpie aftapstoom : $h_{aftap} = 2814,4 \text{ kJ/kg}$

Enthalpie van de natte stoom : $h_{ns} = 2125 \text{ kJ/kg}$
 Druk in ontgasser : 4 bara
 Enthalpie voedingwater : $h_{vw} = 604,67 \text{ kJ/kg}$

Verder nemen we aan dat de stoom in de turbine isentropisch expandeert.

De energie die de voedingwaterpomp aan het water afgeeft door drukverhoging wordt hier verwaarloosd.

In het systeem circuleert 1 kilogram stoom. Er wordt x kilogram stoom per kilogram stoom afgetapt. Het geheel is weergegeven op de onderstaande afbeelding.



Bereken het thermisch rendement van deze installatie.