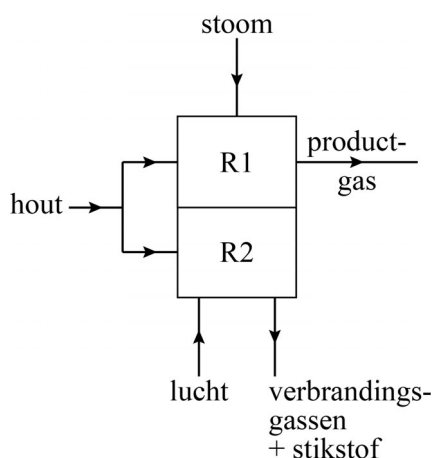


## Methaan uit hout

Bij ECN in Petten is een proces ontwikkeld waarbij methaan uit (afval)hout wordt geproduceerd. Sinds 2015 draait er een proeffabriek volgens dat proces. Een essentieel onderdeel van de fabriek is een zogenoemde vergassingsreactor (R1) waarin hout bij ongeveer 850 °C wordt omgezet tot een mengsel van verschillende gassen.

De warmte die hiervoor nodig is, wordt geleverd door een verbrandingsreactor (R2) die voornamelijk wordt gevoed met hout. In onderstaand blokschema zijn deze onderdelen van de fabriek vereenvoudigd weergegeven.

### blokschema



- 3p **23** Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van hout. Gebruik hierbij  $(C_6H_{10}O_5)_n$  als formule voor hout.

Het productgas dat de vergassingsreactor (R1) verlaat, bestaat voor een belangrijk gedeelte uit koolstofmono-oxide en waterstof. De vorming van deze gassen verloopt volgens reactie 1. In deze reactievergelijking is hout vereenvoudigd weergegeven met de formule  $C_6H_{10}O_5$ .



- 3p **24** Bereken de reactiewarmte (bij 298 K en  $p = p_0$ ) van reactie 1 in J per mol  $C_6H_{10}O_5$ . Gebruik hierbij:
- de vormingswarmte van  $C_6H_{10}O_5 (s)$ :  $-9,9 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$  ( $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = p_0$ );
  - Binas-tabel 57A of ScienceData-tabel 9.2a.

Behalve CO en H<sub>2</sub> bevat het productgas ook CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (benzeen) en hogere koolwaterstoffen (koolwaterstoffen met een groter aantal C-atomen per molecuul).

De hogere koolwaterstoffen worden in een eerste scheidingsruimte (S1) door afkoeling uit het productgas afgescheiden als teer.

De teer wordt naar de verbrandingsreactor (R2) geleid, waar het ook wordt verbrand.

In een tweede scheidingsruimte (S2) wordt het overgebleven productgas verder afgekoeld zodat benzeen als vloeistof wordt afgescheiden. Dit kan worden gebruikt als grondstof in de kunststofindustrie.

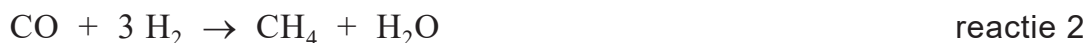
- 2p 25 Leg uit tot welke temperatuur het gasmengsel in scheidingsruimte S2 minstens moet worden afgekoeld. Maak gebruik van Binas of ScienceData.

Het benzeengehalte van het productgas is afhankelijk van het soort hout dat in de vergassingsreactor (R1) wordt ontleed.

Bij een bepaald soort hout bevat het productgas uit de vergassingsreactor 0,35 volumeprocent benzeen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

- 4p 26 Bereken hoeveel gram benzeen aanwezig is per m<sup>3</sup> productgas. **Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.** Maak hierbij onder andere gebruik van het volgende gegeven:  
1,0 mol van elk gas heeft bij 850 °C een volume van 92 dm<sup>3</sup>.

Het CO uit het productgas wordt in een reactor (R3) omgezet tot methaan. Deze omzetting wordt met de volgende reactievergelijking weergegeven:



- 2p 27 Bereken de atomeconomie voor de vorming van methaan volgens reactie 2. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

Ook de andere stoffen uit het productgas worden in R3 omgezet tot methaan. Voor al deze omzettingen in R3 is extra waterstofgas nodig. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is een nog onvolledig blokschema van het beschreven proces weergegeven. Er ontbreekt een aantal stofstromen.

- 4p 28 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door de ontbrekende stofstromen te tekenen.
- Gebruik lijnen met pijlen voor stofstromen.
  - Geef bij elke zelf getekende stofstroom de naam/namen van de betreffende stof/stoffen.

# uitwerkbijlage

28

