



Werkboekje

Lesproject 'Olie in Oman'

Ontwerp een olieraffinaderij voor de overheid van Oman

Januari 2011





Foto omslag: [http://freelargephotos.com/?fetch=100032_l.jpg & title=Camels%20and%20Oil%20Wells%20-%20Marmul,%20Oman](http://freelargephotos.com/?fetch=100032_l.jpg&title=Camels%20and%20Oil%20Wells%20-%20Marmul,%20Oman)

Boekje samengesteld door: Gymnasium Haganum & CB&I in het kader van de Jet-Net samenwerking; versie januari 2011

Inhoudsopgave

1.	Inleiding-----	5
2.	Opdracht-----	5
3.	Opzet en planning van de opdracht-----	5
4.	Beoordeling -----	7
5.	Groepswerk -----	7
6.	Uitgangspunten voor de studie-----	8
6.1.	Situatieomschrijving -----	8
6.2.	Aardolie -----	9
6.3.	Productieaantallen -----	9
6.4.	Oman-----	9
7.	Inleidende les: Presentatie van het bedrijf -----	10
7.1.	Doel & opbouw les -----	10
7.2.	Presentatie-----	10
8.	De olieraffinage (scheikunde) -----	11
8.1.	Het raffineren van aardolie -----	11
8.2.	De lessenserie -----	12
8.3.	Achtergrondinformatie over alkanen, alkenen, isomeren, structuurformules-----	13
8.4.	Les 1: Alkanen en alkenen -----	16
8.5.	Les 2: Destilleren van aardolie -----	19
8.6.	Les 3: Berekenen hoogte destillatiekolom van de splitter pentaan/hexaan.-----	22
8.7.	Les 4: Kraken van aardolie-----	27
8.8.	Op de poster-----	30
9.	De pompen en pijpleidingen (natuurkunde)-----	31
9.1.	Inleiding-----	31
9.2.	Lesindeling & organisatie-----	32
9.3.	Huiswerk-----	32
9.4.	Les 1: Stroming van vloeistoffen door leidingen -----	33
9.5.	Les 2: Ontwerpopdracht leiding en pomp-----	37
9.6.	Les 3: Practicum Pompen-----	42
9.7.	Op de poster-----	45
10.	De opslagtanks (wiskunde) -----	46
10.1.	Leerdoelen en lesopbouw -----	46
10.2.	Het volume en de hoogte van de opslagtanks -----	51
10.3.	Opslagtanks in Oman -----	55
10.4.	Op de poster-----	55
11.	De locatie en de tijdelijke stad (aardrijkskunde)-----	56
11.1.	Doel en lesopbouw-----	56
11.2.	Les 1: Opdrachten over Oman -----	57

11.3. Les 2: Bepalen locatie olieraffinaderij-----	59
11.4. Les 3 (en 4): Inrichting stad -----	60
11.5. Op de poster -----	62
12. De investeringskosten en terugverdientijd (economie) -----	63
12.1. Lesopbouw en leerdoelen -----	63
12.2. Opdrachten: Investering & terugverdienperiode-----	63
12.3. Op de poster -----	67
13. Vragen voor het bedrijf -----	68
14. Werkblad poster-----	69
Bijlage 1: Kaart van Oman -----	70
Bijlage 2: Schema olieraffinaderij -----	71
Bijlage 3: Woordenlijst Engels -----	72
Bijlage 3: omgeving Fahud met hierop de oliebron -----	73
Bijlage 4: Omgeving Fahud met hierop de oliebron-----	73



figuur 1: pijpleiding in de woestijn van Oman met op de achtergrond een ja-knikker

1. Inleiding

Voor je ligt een werkboekje met het project 'Olie in Oman'. Dit project is ontwikkeld in het kader van de Jet-Net samenwerking tussen het bedrijf *CB&I Lummus* en het *Gymnasium Haganum* in Den Haag.

Je gaat de komende drie weken kennismaken met het werk dat ingenieurs doen die bij zo'n bedrijf als CB&I Lummus, <of vul hier uw bedrijfsnaam in> werken. Zij bouwen fabrieken voor de olie- en gasindustrie. Een voorbeeld hiervan is een olieraffinaderij. Je zult merken dat bij het bouwen van dergelijke grote fabrieken, veel meer kennis, creativiteit en disciplines komt kijken dan je in eerste instantie vermoedt. Wij wensen je veel plezier!

2. Opdracht

CB&I Lummus <of vul hier uw bedrijfsnaam in> is benaderd om een raffinaderij te ontwerpen en te bouwen in Oman. Jij wordt de komende **drie weken** werknemer van CB&I Lummus <of vul hier uw bedrijfsnaam in> en gaat in een groepje een offerte schrijven waarin je een eerste ontwerp voor de olieraffinaderij presenteert. Hierbij komen allerlei zaken kijken: hoe werkt een olieraffinaderij, hoe pompen we olie uit de grond, hoe transporteren we deze, hoe bouwen we zo'n olieraffinaderij, wat kost dit allemaal en kunnen we de investeringen terugverdienen? Meer informatie over de eisen en achtergrond van de opdracht vind je in H6. Aan de hand van opdrachten die je bij scheikunde, natuurkunde, wiskunde, aardrijkskunde en economie gaat doen, zul je bovenstaande vragen beantwoorden. Deze opdrachten staan in H8 t/m H12. De offerte maak je in de vorm van een poster die je aan het eind van het project presenteert aan je medeleerlingen, leraren, werknemers en het management van het bedrijf <vul hier uw bedrijfsnaam in> en aan je eigen ouders. Meer informatie over de eisen die aan de poster gesteld worden vind je in H14. De presentatie doe je zeer waarschijnlijk in het **Engels**, aangezien het bedrijf als voertaal Engels heeft. In bijlage 3 vind je een vertaling van vaktermen van het Nederlands naar het Engels. Je docent Engels zal in de les tijd geven voor de voorbereiding van de presentatie.

3. Opzet en planning van de opdracht

Bovenbeschreven opdracht behelst nogal wat. De komende drie weken zullen per vak een aantal lessen besteed worden aan dit project. Van je docent hoor je precies welke lessen dit zijn. In de lessen doe je per vak de opdrachten die in dit boekje staan bij het betreffende vak. Hierbij hoort ook huiswerk!

Aan het einde van elk hoofdstuk (vak) staat een opsomming van de dingen die je op je poster moet zetten. Dit zijn resultaten die je hebt verkregen tijdens de opdrachten. Samen vormen ze de offerte die je opstelt voor de regering van Oman. Je hoeft dus geen rapport te schrijven.

Mogelijk heb je gedurende opdrachten vragen: dingen zijn onduidelijk, je wil weten hoe de opdrachtgever erover denkt etc. Deze vragen moet je allemaal noteren. Eén of twee leden van je groepje gaan namelijk naar het bedrijf **<vul hier uw bedrijfsnaam in>** toe om deze vragen aan experts te stellen. De vragen die jullie hebben opgesteld e-mailen jullie van te voren naar **<vul hier de naam van de contactpersoon van het bedrijf in>**. Ook kun je hem e-mailen met vragen waarop je eerder een antwoord nodig hebt. Vragen die niet zozeer inhoudelijk van aard zijn, maar bijvoorbeeld organisatorisch kun je stellen aan één van de docenten die bij het project betrokken zijn. Deze vragen kun je aan je docent stellen (afhankelijk van het vak) of e-mailen naar **<vul hier het emailadres van de contactdocent(en) van de school in>**

Vervolgens verwerk je alle informatie die je hebt in een poster. Dit is je offerte. De poster moet **AF** zijn op **<vul hier de datum en tijd in>**. Op die dag lever je hem in bij één van je docenten (na, sk, wi, ak, ec) of bij **<vul hier de namen in van de contactdocenten van de school>**.

Bij de poster hou je een technische/inhoudelijke presentatie in het Engels van maximaal vijf minuten. Je krijgt geen seconde meer voor deze presentatie (wekker wordt gezet!). De presentaties vinden plaats in de vorm van posterpresentaties in een aantal lokalen op **<vul hier de datum en tijd in; de doorlooptijd is drie weken>** Je wordt beoordeeld door het management van **<vul hier uw bedrijfsnaam in>**, vooral op inhoud. Ook het cijfer dat je voor het gehele project krijgt telt mee in de beoordeling. Vervolgens kun je als één van de vier groepjes in de finale komen; alleen de winnaar krijgt een prijs. Je houdt in de finale een presentatie van weer vijf minuten, maar nu moet je je offerte verkopen. De nadruk ligt er nu op: waarom is jouw voorstel beter dan dat van de andere drie finalisten. Dit ook weer in het Engels. Je moet dus twee presentaties voorbereiden: één inhoudelijk en één verkooppraatje. Beide presentaties in het Engels en ze mogen maximaal vijf minuten duren. De presentatie in de finale zal voor alle aanwezige mensen zijn.

Hieronder staat een globale planning van de lessen. Je hebt in totaal 4 sk-lessen, 3 na-lessen, 3 wi-lessen, 3-4 ak-lessen, 2 ec-lessen en waarschijnlijk 1 les Engels (rond 10-11 februari).

Globale planning van het project:

<vul hier de startdatum in; doorlooptijd is 3 weken>	presentatie door het bedrijf
<vul hier de startdatum in; dag na presentatie>	start in de lessen werken aan project
<vul hier de datum in; 1 ½ week na startdatum>	naar het bedrijf om vragen te stellen
<vul hier de datum in; 1 week voor de presentaties>	poster AF en inleveren
<vul hier datum in; plm. 3 weken na startdatum>	presentaties

4. Beoordeling

Voor scheikunde krijg je een cijfer voor het gehele boekje en de poster. Je maakt één groepsboekje dat je inlevert. De beoordeling vindt plaats op basis van volledigheid van invullen en de kwaliteit van de antwoorden. Voor natuurkunde krijg je een cijfer voor het practicum dat je daar uitvoert met bijbehorende verwerking van de resultaten in het werkboekje dat je inlevert en op de poster. Mogelijk krijg je ook een cijfer voor wiskunde, in de betreffende lessen wordt je hiervan nog preciezer op de hoogte gebracht.

Mensen van **het bedrijf** zullen de poster ook beoordelen. Zij reiken voor het **beste** groepje een prijs uit. In hun beoordeling weegt het scheikundecijfer mee. Alle posters zullen in de gangen van **het bedrijf** komen te hangen, waar de medewerkers ze zullen bekijken (namelijk **naast de kantine <vul hier de plaats in bij uw bedrijf>**). De mooiste posters worden ingescand en op A0 afgedrukt. Deze komen te hangen bij **het bedrijf** en op **de open dag van de school**.

5. Groepswork

Je wordt ingedeeld in een groepje. Dit hoor je in de eerste les. Dit gebeurt onder meer op basis van je interesse in een bepaald profiel.

Je zit met 5-6 leerlingen in een groepje. Vooraf bespreek je wie welke taak en verantwoordelijkheid heeft. Dit betekent **niet** dat je alleen nog maar aan die opdrachten hoeft te werken! **Iedereen werkt aan alle opdrachten en moet alles kunnen uitleggen!** Vul hieronder in wie eindverantwoordelijk is voor welke deeltaak; dit betreft alleen de teksten en plaatjes op de poster! Gaat het samenwerken niet goed, ga dan tijdig naar één van de docenten (na, sk, wi, ak of eco).

Mail de namen van de mensen die naar **het bedrijf** gaan (volledige namen) naar **<vul hier het emailadres van de contactpersoon van het bedrijf in>** minstens 2 dagen voordat jullie daar heen gaan!

Taak	Naam
na, sk, wi opdrachten – <i>alleen</i> uitwerking voor de poster (iedereen maakt alle opdrachten!)	1. 2. 5.
ak & eco opdrachten – <i>alleen</i> uitwerking voor poster (iedereen maakt alle opdrachten!)	3. 4.
Vragen stellen bij het bedrijf	5. 6.
Voorzitter & contactpersoon	7.

6. Uitgangspunten voor de studie

6.1. Situatieomschrijving

In opdracht van de overheid van Oman heeft Wildcat drilling een aantal exploratieboringen uitgevoerd in de omgeving van Fahud. Zie bijlage 1 voor een kaart van Oman. Proefboring 112-FD-W is veelbelovend en zal verder ontwikkeld worden.

De bron bevindt zich op coördinaten 22° 13' 40.25" N en 56° 31' 24.35" E.
Een foto van de bron met zogenaamde 'christmas tree' is afgebeeld in figuur 2.



figuur 2: Bron 112-FD-W met 'christmas tree'

Om de bron te exploiteren wil de overheid van Oman de olie door een raffinaderij om laten zetten tot verschillende soorten brandstoffen.

Het bedrijf is benaderd om deze raffinaderij te ontwerpen en te bouwen. Om te beginnen zal er een technisch ontwerp gemaakt worden voor de raffinaderij. Dit zal ongeveer 2 jaar duren en wordt op kantoor uitgevoerd. Tijdens het ontwerpen wordt er ook nagedacht hoe de bouw van raffinaderij eruit zal gaan zien. Zo is er al bekend dat er ongeveer 5000 arbeiders nodig zijn om in 1,5 jaar tijd de raffinaderij te bouwen. **Het bedrijf** is ook verantwoordelijk voor de voorzieningen voor de arbeiders. Denk hierbij bijvoorbeeld aan slaapplaatsen. **Het bedrijf**

heeft geschat dat de totale kosten van dit project ongeveer 2 miljard Euro bedragen. De 'footprint' van de raffinaderij zal ongeveer 4 km² beslaan. Wanneer de raffinaderij in gebruik wordt genomen zullen er ongeveer 750 mensen werken.

6.2. Aardolie

Bron 112-FD-W is een aardoliebron. Aardolie is een fossiele brandstof bestaande uit ketens van koolwaterstoffen. Deze zijn ontstaan uit sedimenten rijk aan organisch materiaal die in het geologisch verleden zijn gevormd en daarna onder invloed van de afzetting van nieuwe sedimentpakketten op dit "brongesteente" zijn "gekookt".

Door de druk en warmte, die hoger zijn dieper in de aarde, ontstaan uit de organisch rijke bronlagen belletjes olie. Olie is lichter dan grondwater en wil daarom omhoog. Het zoekt een weg naar een reservoirgesteente waar het zich ophoopt en aangeboord kan worden.

Aardolie vertegenwoordigt de zwaardere fractie organische producten van het proces dat vaak ook aardgas produceert. Bron 112-FD-W produceert ook aardgas. Het aardgas is ontstaan doordat uit de organische sedimenten ook gas is vrijgekomen en doordat de olie gecompacteerd wordt in het reservoir en een verzadigingspunt bereikt waar het in gas overgaat. De aardolie zal gebruikt worden als de grondstof voor de productie van brandstoffen. Meer over de samenstelling en eigenschappen van olie leer in hoofdstuk 8.

6.3. Productieaantallen

De levensverwachting van de bron is 25 jaar. De verwachte productie aantallen zijn weergegeven in weergegeven in

tabel 1.

tabel 1 : Verwachte productieaantallen (Sm³ staat voor een kubieke meter product bij standaard omstandigheden (T=25° Celsius en p = 1,0 bar).

Oil (mill Sm ³)	Gas (bill Sm ³)	NGL (mill Sm ³)	Condensate (mill Sm ³)
391	133	24	0

70% van de ruwe olie wil de overheid voor eigen gebruik omzetten naar verschillende brandstoffen. 30% van de ruwe olie zal door middel van tankers geëxporteerd worden naar Europa. Het is nog onduidelijk wat er met het gas en de NGL gedaan gaat worden.

6.4. Oman

Hier kun je meer informatie vinden over Oman:

- Google Earth of Google Maps; hier kun je ook foto's van bepaalde plekken bekijken
- <http://www.minbuza.nl/nl/reizenlanden> (Ministerie van buitenlandse zaken)
- <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- www.wikipedia.nl

- <http://geert-hofstede.international-business-center.com/>

7. Inleidende les: Presentatie van het bedrijf

7.1. Doel & opbouw les

Doel

Je maakt kennis met het bedrijf, zodat je ongeveer weet wat ze doen. Tevens wordt het project geïntroduceerd en uitgelegd, zodat jij weet wat er van je verwacht wordt.

Opbouw les

- introductie van de docent (5 min.)
- presentatie (15 min.)
- uitleg over het project (5min.)
- invulling taakverdeling, groepsindeling etc. (10 min.)
- **huiswerk: lees uit het werkboek H1 t/m H6.**

7.2. Presentatie

Beantwoord naar aanleiding van de presentatie de volgende vragen:

Hoe groot is het bedrijf ?

.....
.....

Wat zijn de belangrijkste landen waar het bedrijf werkzaam is?

.....
.....

Wie zijn hun opdrachtgevers?

.....
.....

8. De olieraffinage (scheikunde)

8.1. Het raffineren van aardolie

Om de aardolie om te zetten naar brandstof is een raffinageproces nodig. Over het algemeen bestaat dit proces uit 4 stappen.

Stap 1: Destillatie

Elke raffinaderij heeft om te beginnen een atmosferische destillatie-eenheid, ook wel destillatiekolom genoemd. Hierin wordt bij normale/atmosferische druk de aangevoerde aardolie op basis van verschil in kookpunt gesplitst in diverse stromen. Op vele plaatsen in de kolom worden producten afgetapt. De lichtste producten gaan over de top, de zwaarste producten gaan over de bodem. Het bodemresidu dat het zwaarste is, is minder waard en het is daarom economisch gunstig om dit verder op te splitsen of te bewerken. Het opsplitsen kan niet onder atmosferische omstandigheden omdat hiervoor dan temperaturen boven de 360°C nodig zijn. Boven de 360°C komt er echter een kraakproces op gang. Om dit te voorkomen kan vacuümdestillatie worden toegepast. Bij dergelijke lagere drukken liggen de kookpunten ook lager en kan dus verdere opsplitsing plaatsvinden.

Stap 2: Kraken

De tweede stap is conversie. Na de scheiding in de eerste stap worden de moleculen veranderd om de fysische eigenschappen te verbeteren. Doel is dan om de zware producten om te zetten in meer waardevolle lichtere producten zoals benzine of diesel. Hiertoe dienen de zware moleculen in mootjes te worden gehakt. Dit heet kraken en kan op twee gecontroleerde manieren gebeuren: catcracken of hydrocracken. Catcracken is het kraken op basis van een katalysator. Een katalysator versneld een chemische reactie. Hydrocracken is het thermisch kraken en kraken onder toevoeging van waterstof. Bij catcracken ontstaan alkanen en alkenen. Bij hydrocracken alleen alkanen. Hierdoor geven beide type processen de producten andere eigenschappen. Zo geeft catcracken in vergelijking met hydrocracken een dieselfractie met een hogere dichtheid en wat minder goede verbrandingseigenschappen maar is de weerstand tegen koude iets hoger.

Stap 3: Zuivering

Hier worden ongewenste componenten als stikstof, zwavel en metalen verwijderd.

Stap 4: Blending

De vierde stap betreft de blending (mengen). Door op een slimme manier stromen uit de meer dan dertig eenheden waaruit een raffinaderij bestaat samen te voegen, kunnen de juiste producten met de hoogste waarde tegen de laagste kosten worden gemaakt.

In bijlage 2 staat schematisch weergegeven welke onderdelen er allemaal in een olieraffinaderij zijn. Dit is achtergrondinformatie.

8.2. De lessenserie

Gedurende vier lessen werken jullie aan verschillende chemische kanten van de olieraffinage. De lessenserie ziet er als volgt uit:

- les 1: theorie alkanen & alkenen (§8.3)
- les 2: destilleren van aardolie (§8.4)
- les 3: berekenen van de hoogte van een destillatiekolom (§8.5)
- les 4: kraken van aardolie (§8.6)

Leerdoelen

Je kunt aangeven waaruit aardolie is opgebouwd, waarbij je in kunt gaan op de verschillen tussen alkanen en alkenen, uitleggen wat isomeren zijn. Je weet wat een structuurformule is en kunt deze tekenen. Je krijgt inzicht in de 3D-structuur van alkanen en alkenen.

Je leert wat er gebeurt tijdens de raffinage van aardolie. Je ziet hoe een destillatiekolom eruit ziet en kunt uitleggen hoe deze werkt.

Je past je kennis van destilleren toe in een praktijkopdracht waarin je als een echte ingenieur via een eenvoudig model de hoogte van de destillatiekolom voor de te ontwerpen olieraffinaderij berekend.

Je leert wat kraken is, ziet dit in een demonstratieproef gebeuren en leert het verschil tussen hydrocracken (hydrokraken) en catcracken (katalytisch kraken).



figuur 3: destillatiekolom

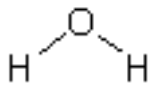


figuur 4: catcracker

8.3. Achtergrondinformatie over alkanen, alkenen, isomeren, structuurformules

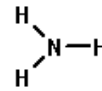
Structuurformule

In de scheikunde worden stoffen aangeduid met een molecuulformule. Die van water ken je wel: H₂O. Dit betekent dat een molecuul water uit twee H-atomen (waterstofatomen) en één O-atoom (zuurstofatoom) bestaat. Deze zitten aan elkaar vast. Een tekening van het molecuul waarin je kunt zien hoe deze atomen aan elkaar vast zitten, heet een structuurformule. Zie ook de figuur hieronder. De streepjes die je tussen de letters ziet staan, zijn de atoombindingen, waarmee de atomen aan elkaar zitten.

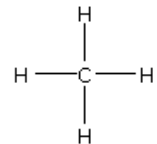


Andere voorbeelden:

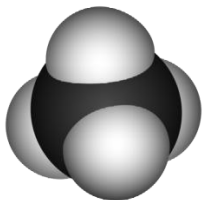
- Ammoniak heeft molecuulformule NH₃ en de structuurformule is:



- Aardgas heeft de molecuulformule CH₄ en de structuurformule is:

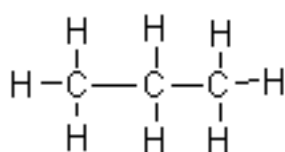


Een structuurformule geeft altijd een platte voorstelling van het molecuul. De meeste moleculen zijn echter niet plat, maar hebben een driedimensionale structuur. Om deze te ontdekken, ga je een practicum uitvoeren. Bekijk ook onderstaand voorbeeld van aardgas. Het zwarte bolletje is het C-atoom en de witte bolletjes zijn de H-atomen.

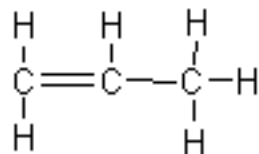


Verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen

Aardolie bestaat vooral uit koolwaterstoffen. Dit zijn moleculen waarin alleen koolstof (C) atomen en waterstof (H) atomen voorkomen. De koolwaterstoffen zijn in te delen in twee groepen: de verzadigde koolwaterstoffen en de onverzadigde koolwaterstoffen. Je spreekt over een verzadigde koolwaterstof als er alleen maar enkele atoombindingen zitten tussen de atomen. Zodra er tussen twee atomen niet één maar twee atoombindingen zitten, dan spreken we van een onverzadigde koolwaterstof. Zie de voorbeelden hieronder.



propan, verzadigd



propeen, onverzadigd

Alkanen en alkenen

Binnen de koolwaterstoffen kun je ook onderscheidt maken tussen de alkanen en de alkenen. De alkanen zijn altijd verzadigd. De alkenen zijn onverzadigd, maar hebben allemaal maar één dubbele binding. Niet alle onverzadigde koolwaterstoffen zijn dus alkenen.

De algemene molecuulformule voor alkanen is: C_nH_{2n+2} , waarbij $n = 1, 2, 3, \dots$ etc.

De algemene molecuulformule voor alkenen is: C_nH_{2n} , waarbij $n = 1, 2, 3, \dots$ etc.

Hieronder staan de namen en molecuulformules van de alkanen en alkenen die je moet kennen. Leer ze uit je hoofd!

alkaan	formule	alken	formule
methaan	CH_4	-	-
ethaan	C_2H_6	etheen	C_2H_4
propaan	C_3H_8	propeen	C_3H_6
butaan	C_4H_{10}	buteen*	C_4H_8
pentaan	C_5H_{12}	penteen*	C_5H_{10}
hexaan	C_6H_{14}	hexeen*	C_6H_{12}

* deze namen zijn niet volledig. Lees hieronder: Isomeren

Isomeren

Bij sommige molecuulformules, kun je verschillende moleculen bouwen en dus ook verschillende structuurformules tekenen. Dit ga je doen in het practicum. Elke structuurformule staat voor een aparte stof en heeft zijn eigen stoffeigenschappen. Elke stof heeft dan ook een aparte naam. De stoffen met een zelfde molecuulformule maar verschillende structuurformule noemen we isomeren. In de volgende tabel staan verschillende voorbeelden afgebeeld.

molecuulformule	structuur	naam
C ₄ H ₁₀	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ | & | & | & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | & | & | & | \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	butaan
	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \\ | & | & | & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | & | & | & \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & \\ & | & & \\ & \text{H} & & \end{array} $	methylpropaan
C ₄ H ₈	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ | & | & | & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}=\text{C} \\ | & | & & | \\ \text{H} & \text{H} & & \text{H} \end{array} $	1-buteen
	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ | & | & | & | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ | & & & | \\ \text{H} & & & \text{H} \end{array} $	2-buteen
	$ \begin{array}{cccc} \text{H} & & \text{H} & \\ | & & | & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ | & | & | & \\ \text{H} & \text{H}-\text{C}-\text{H} & \text{H} & \\ & | & & \\ & \text{H} & & \end{array} $	methylpropeen

Butaan, 1-buteen en 2-buteen noemen we 'onvertakte' koolwaterstoffen. Zij hebben geen zijgroep waarin C-atomen zitten. Methylpropaan en methylpropeen heten 'vertakte' koolwaterstoffen: zij hebben beide een zijgroep met een C-atoom erin. Deze groep heet methyl. De specifieke naamgeving hoef je nu nog niet te leren. Die leer je in klas 4.

Isomeren hebben dezelfde molecuulformule, maar een verschillende structuurformule. Het zijn verschillende stoffen met verschillende stoffeigenschappen. Zo hebben ze een verschillend kook- en smeltpunt. Omdat de stoffen veel op elkaar lijken, liggen de kook- en smeltpunten vaak wel dicht bij elkaar.

8.4. Les 1: Alkanen en alkenen

Opbouw van de les

- zeer korte introductie over alkanen & alkenen
- uitvoeren van het practicum met de modelbouwdoos

Het practicum

Je gaat verschillende moleculen bouwen, zodat je daarna zelf een voorstelling kunt maken van hoe moleculen van alkanen en alkenen er in 3D uitzien. Je leert wat een molecuulformule, structuurformule en isomeer inhoudt. Je leert om een 3D-tekening te maken van een eenvoudig molecuul.

1. Pak de molecuulbouwdoos en bekijk de verschillende atomen. In de tabel hieronder staat welk atoom welke kleur heeft.

kleur atoommodel	naam atoomsoort	afkorting atoom	aantal bindingen
wit	waterstof	H	1
zwart	koolstof	C	4
blauw/paars	stikstof	N	3
rood	zuurstof	O	2
geel	zwavel	S	2
groen	chloor	Cl	1

2. Alkanen zijn koolwaterstoffen waarbij de molecuulformule voldoet aan: C_nH_{2n+2} . Hieronder staan de namen en molecuulformules van de eerste 6 alkanen. **Deze moet je uit je hoofd leren!**

alkaan	n = (in C_nH_{2n+2})	molecuulformule
methaan	1	CH_4
ethaan	2	C_2H_6
propaan	3	C_3H_8
butaan	4	C_4H_{10}
pentaan	5	C_5H_{12}
hexaan	6	C_6H_{14}

3. **Bouw methaan. Lees de tekst hieronder goed!**

Bekijk eerst het plaatje hieronder. Draai jouw gebouwde methaanmolecuul zo dat het precies zo georiënteerd is als het plaatje hieronder. Zet de H-atomen in het plaatje hieronder erbij. Het plaatje laat een C-atoom zien met vier bindingsstreepjes. De twee gewone streepjes staan in het vlak van het papier. Het stippelijntje geeft de binding die achter het vlak van het papier steekt aan en het driehoekige streepje de binding die naar voren steekt.



4. **Bouw nu de ethaan en propaan. Maak 3D-tekeningen zoals je van methaan hebt gedaan.**

5. **Van C_4H_{10} zijn twee ruimtelijk verschillende moleculen te bouwen. Bouw deze en zet ze naast elkaar. Laat met behulp van twee structuurformules (**niet 3D**) zien wat het verschil is. Deze twee alkanen zijn elkaars **isomeren**.**

6. **Bij vraag 5 heb je twee verschillende moleculen gebouwd van C_4H_{10} . Kun je zeggen dat C_4H_{10} één stof is of zijn er meer stoffen met dezelfde molecuulformule? Leg je antwoord uit.**

.....
.....

7. Een andere groep koolwaterstoffen zijn de alkenen. De algemene formule van een alkeen is: C_nH_{2n} . Kenmerk van een alkeen is dat er een dubbele binding in het molecuul zit. Dit betekent dat er twee bindingen tussen twee koolstofatomen zitten, in plaats van maar één binding.

Bouw etheen, C_2H_4 . En teken het molecuul in 3D en teken de structuurformule. Leg uit waarom in dit geval de structuurformule gelijk is aan de 3D-tekening.

8. Bouw alle isomeren van C_4H_8 . Teken hieronder de structuurformules.

9. Bouw een molecuul propaan. Vervang nu steeds één ander waterstofatoom voor een chlooratoom. Je kunt maximaal vier verschillende moleculen bouwen (allemaal met één Cl-atoom), waarbij steeds een ander waterstofatoom vervangen is voor een chlooratoom. Bouw deze vier moleculen (vergelijk of de gebouwde moleculen echt anders zijn en niet door draaien toch hetzelfde blijken). Teken de verschillende structuurformules hieronder.

10. Hoeveel verschillende moleculen kun je bouwen als je in propaan steeds één ander waterstofatoom door een chlooratoom vervangt (net als bij vraag 9, maar nu met propaan)? Teken de structuurformule van deze verschillende moleculen. Bouw ze als je dit niet uit je hoofd kunt.

8.5. Les 2: Destilleren van aardolie

Opbouw van de les

In deze les leer je hoe het destilleren van aardolie in zijn werk gaat. De les verloopt als volgt:

- inloggen op de laptops (duurt 10 min.)
- opfrissen destilleren & demonstratieproef destilleren
- maken opdracht over aardoliedestillatie

Opdracht (internet)

Je kunt na afloop omschrijven hoe het destillatieproces van aardolie in zijn werk gaat, welke fracties er ontstaan en schematisch tekenen en uitleggen hoe de destillatiekolom werkt.

Lees goed wat je moet doen! Je moet nadenken over sommige antwoorden!

1. Ga op de computer naar: http://www.schooltv.nl/beeldbank/clip/20031208_06_01destaa
2. Bekijk het filmpje: Destilleren van ruwe aardolie, eerst 1x helemaal. Daarna bekijk je het nogmaals en beantwoord je onderstaande vragen. Je kunt het filmpje stilzetten door op de pauzeknop te klikken. De vragen hieronder staan in de volgorde van het filmpje: dus lees steeds de vraag, kijk het filmpje, zet het stil, beantwoord de vraag en klik op play etc.

3. Wat gebeurt er in de destilleerkolom van een olieraffinaderij?

.....
.....

4. De kolom heeft een dikke isolerende buitenlaag tegen energieverlies. Leg dit uit (wat voor energie verlies je dan, waarvoor wil je die energie gebruiken?)

.....
.....

5. Waaruit bestaat de eerste stap van het destilleren?

.....
.....

6. Komen er uit de grote destillatiekolom zuivere stoffen?

.....
.....

7. Wat gebeurt er met de stoffen die uit de destillatiekolom komen?

.....
.....

8. Op welke temperatuur wordt de ruwe aardolie gebracht?

.....
.....

9. Waarom moet de instroom van aardolie in de destillatiekolom gelijk zijn aan de uitstroom? Wat gebeurt er als dit niet zo is?

.....
.....

10. Wat is condenseren?

.....
.....

11. Leg uit wat een kooktraject is.

.....
.....

12. Leg uit dat hoe lager de schotel, hoe hoger het kooktraject van de vloeistof die er overheen stroomt is.

.....
.....

13. Welke fractie heeft een lager kooktraject: nafta of stookolie? Leg je antwoord uit.

.....
.....

14. Klink links op de pagina op het filmpje: Schotellagen en borrelkappen. Bekijk het filmpje eerst helemaal. Beantwoord daarna onderstaande vragen, terwijl je het in stukjes bekijkt.

15. Heeft de rode kleurstof een hoog of laag kookpunt?

.....
.....

16. Wat is het verschil in samenstelling tussen de vloeistoffen op de verschillende schotellagen? Noem een stofeigenschap in je antwoord.

.....
.....

17. Leg uit of kleine moleculen hoog of laag in de kolom terecht komen.

.....
.....

8.6. Les 3: Berekenen hoogte destillatiekolom van de splitter pentaan/hexaan.

Waarschijnlijk is er genoeg tijd om deze opdracht in de les uit te voeren. Als dit niet zo is, kondigt je lerares dit aan, dan moet je deze opdracht thuis doen. Het resultaat moet op je poster komen!

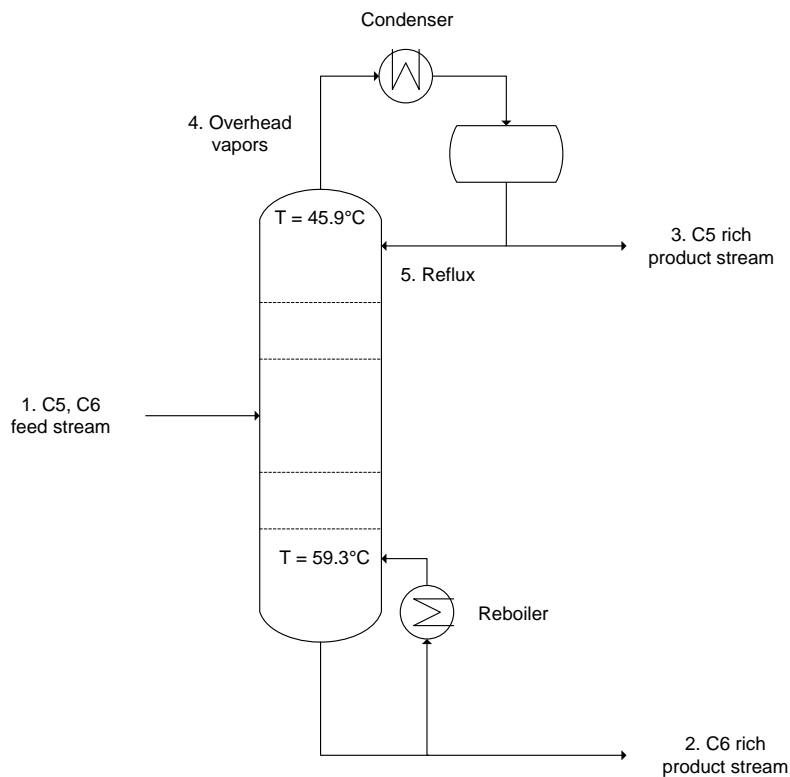
Doel opdracht

In vrijwel iedere raffinaderij wordt gebruik gemaakt van koolwaterstofscheiding door middel van destillatie. Je gaat in deze opdracht naar een specifiek voorbeeld van een scheiding van pentaan/hexaan kijken in een zogenaamde splitter. Voor de te ontwerpen olieraffinaderij moet je ook daadwerkelijk voor deze scheiding een kolomhoogte berekenen.

Het continu destilleren van een pentaan/hexaan mengsel

In het diagram van figuur 5 is het processchema van een pentaan/hexaan scheiding door middel van destillatie weergegeven. Aan de linkerkzijde komt de voedingsstroom (1) binnen. De voedingsstroom bestaat voor een deel uit pentaan (C_5H_{12}) en voor een deel uit hexaan (C_6H_{14}). Pentaan heeft een atmosferisch kookpunt van $36^\circ C$ en hexaan een atmosferisch kookpunt van $69^\circ C$. Door een gekoelde 'reflux' stroom (5) stroomt een deel van het mengsel dat uit de top komt (dat koeler is) weer terug. Hierdoor wordt de temperatuur in de top van de kolom gehandhaafd. In de bodem van de kolom stroomt door de reboiler een deel van het mengsel dat daar afgevoerd wordt terug, zodat daar een hogere temperatuur gehandhaafd kan blijven. Op deze manier kan de voedingsstroom worden opgesplitst in een geconcentreerde productstroom pentaan (3) (hierin zit veel meer pentaan dan hexaan) en een geconcentreerde productstroom hexaan (2) (hierin zit veel meer hexaan dan pentaan). Dit komt doordat bij $45,9^\circ C$ in het gasmengsel veel meer pentaan dan hexaan aanwezig is. Op dezelfde manier is in het vloeistofmengsel van $59,3^\circ C$ veel meer hexaan aanwezig dan pentaan. Bekijk ook tabel 2.

In de tabel 2 is de belangrijkste informatie van het hierboven weergegeven proces te vinden. De druk staat hierin vermeld, omdat dit van invloed is op de scheiding van de twee stoffen. Je hoeft er in deze opdracht niets mee te doen.



figuur 5: Vereenvoudigde weergave van een pentaan/hexaan scheiding dmv destillatie.

tabel 2: informatie over de stofstromen behorende bij het proces in figuur 5

Stroom-nummer	Beschrijving	T [°C]	Druk [bar]	Fase [l/g]	fractie C5 in mengsel	fractie C6 in mengsel
1	Voedingsstroom	52.6	1	l/g	0.5	0.5
2	Hexaanrijke productstroom	59.3	1	l	0.2	0.8
3	Pentaanrijke productstroom	45.9	1	l	0.8	0.2
4	Gasvormige pentaanrijke productstroom + reflux	39.5	1	g	0.8	0.2
5	Reflux	39.5	1	l	0.8	0.2

Vragen en opdrachten

1. Bekijk figuur 5. Leg uit wat de condenser en de reboiler doen.

.....
.....

2. In hoofdstuk 3 (Chemie in Producten) heb je een demonstratieproef gezien van de destillatie van water uit zeewater. Als al het water gedestilleerd is, moet je de kolf opnieuw vullen. Dit hoeft bij het hierboven beschreven proces van de destillatie van pentaan/hexaan niet. Dit proces kan continu doorgaan. Leg uit wat het verschil is in de destillatieopstelling dat dit verschil veroorzaakt.

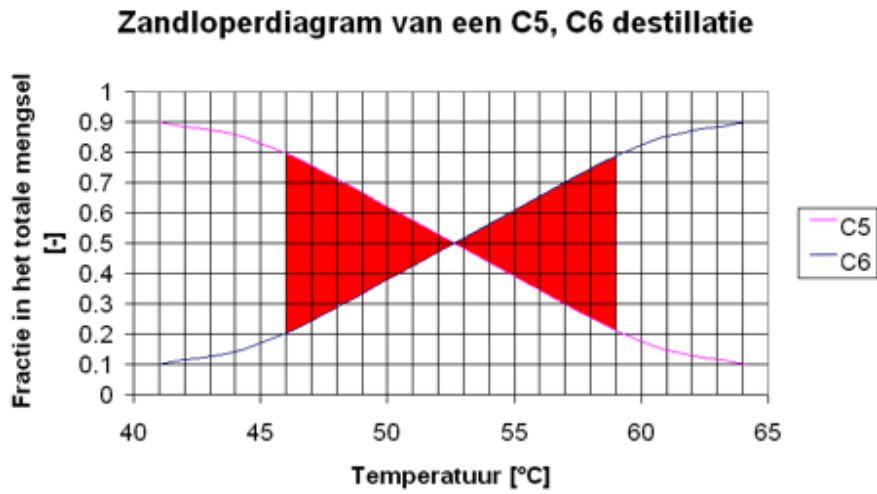
.....
.....
.....
.....

Bij het ontwerpen van een destillatiekolom kan gebruik worden gemaakt van de "zandlopermethode" om een schatting van de hoogte van een destillatiekolom te bepalen. Dit is een zeer grafische methode waarbij gebruik gemaakt wordt van een zandloperdiagram. Een voorbeeld van zo'n diagram staat in figuur 6. Een dergelijk zandloperdiagram wordt gemaakt op basis van operationele temperaturen van het proces en de concentraties van de verschillende stofstromen. Hoewel de "zandlopermethode" een zeer grove benadering is voor het ontwerpen van een destillatiekolom, kun je voor deze opdracht gebruik maken van deze methode.

3. Met behulp van de informatie in tabel 2 is het in het zandloperdiagram (figuur 6) gearceerde (grijze/rode) oppervlak te bepalen. Neem voor deze kolom aan dat een oppervlak van hokje ($1\text{ }^{\circ}\text{C} \times \text{fractie } 0,1$) overeenkomt met een kolomhoogte van 15 cm.

a. Bepaal de hoogte van de benodigde kolom voor het in tabel 2 gespecificeerde proces.

.....
.....
.....
.....



figuur 6: Zandloperdiagram voor de destillatie van pentaan/hexaan

b. In het zandloperdiagram is af te lezen dat als je een andere kolom bouwt dan die in figuur 5 staat aangegeven, de productstromen bij een temperatuur van 41 °C in de top van de kolom en een temperatuur van 64 °C in de bodem van de kolom een andere samenstelling krijgen. Wat is in deze nieuwe situatie de samenstelling van de productstromen? Geef een verklaring voor de veranderende samenstelling.

.....

.....

.....

.....

4. Bepaal met behulp van de zandlopermethode de hoogte van de te ontwerpen kolom en de temperaturen in de top en bodem van de kolom indien de klant vraagt om de volgende productspecificaties.

Stroom-nummer	Beschrijving	Temp. [°C]	Druk [bar]	Fase [l/g]	fractie C5 in het mengsel	fractie C6 in mengsel
2	Geconcentreerde hexaan product stroom	...	1	l	0.1	0.9
3	Geconcentreerde pentaan productstroom	...	1	l	0.9	0.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Ga bij je opdrachtgever na hoe zuiver hij zijn hexaan en pentaan wil hebben. Hij geeft hopelijk aan hoe de fracties moeten liggen. Stuur hiervoor een mail met jullie namen en groepsnummer naar **<vul hier het emailadres van de contactpersoon van het bedrijf in>**. Bereken je een hoogte van de kolom. (→poster) Gebruik bovenstaand zandloperdiagram. De kosten voor een hogere kolom zijn er wel, maar mag je in je offerte verder verwaarlozen. Het gaat er op dat je niet een te hoge kolom bouwt (want dat is meer werk), als dit niet nodig is.

8.7. Les 4: Kraken van aardolie

Opbouw les

In deze les maak je kennis met het kraken van aardolie, zodat de grote fracties kleiner gemaakt worden. De opbouw van de les is als volgt:

- uitleg over kraken
- aantonen van alkanen & alkenen
- demonstratieproef kraken
- maken opdrachten catcracken & hydrocracken

Aantonen alkanen & alkenen

Voer deze proef in de zuurkast uit. Schenk in een reageerbuis wat hexaan en in een andere reageerbuis wat hexeen. Voeg aan beide buizen een beetje broomwater toe en schud even. Noteer je waarnemingen in onderstaande tabel. Lees eventueel de bron aan het begin van dit hoofdstuk over verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen nog eens door.

tabel 3: Waarnemingen proef aantonen alkanen en alkenen

stof	kleur	overig
hexaan		
hexeen		
broomwater		
hexaan+broomwater		
hexeen+broomwater		

Conclusie: (haal door wat niet van toepassing is)

Omdat broomwater wel/niet verkleurt als je het bij hexaan doet en wel/niet verkleurt als je het bij hexeen doet, kun je met broomwater alkanen/alkenen kunt aantonen.

Demonstratieproef: kraken

De proef wordt in de zuurkast uitgevoerd. In een reageerbuis van moeilijk smeltbaar glas doen we ongeveer 1 mL paraffine-olie. We sluiten de buis af door middel van een stop met een inleidbuisje en klemmen de buis schuin vast aan een statief. We verhitten de olie totdat deze kookt en de damp uit het buisje komt. We onderzoeken de brandbaarheid van de paraffinedamp.

Vervolgens herhalen we de proef, maar schuiven we eerst een propje staalwol halverwege de buis. Het staalwol verhitten we sterk, zodat de paraffinedamp over gloeiende staalwol wordt geleid. Het gloeiende staalwol bevordert het kraakproces. Ook nu onderzoeken we de brandbaarheid van de uittredende dampen

We herhalen de laatste proef, maar steken de dampen nu niet aan. We leiden de damp in een erlenmeyer waarin een laagje broomwater zit. Als er voldoende damp in de erlenmeyer aanwezig is, schudden we de erlenmeyer goed.

Waarnemingen

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Conclusie:

Bij het kraakproces ontstaan

.....
.....
.....
.....

Opdrachten

1. Leg in je eigen woorden uit wat er tijdens het kraken van olie gebeurt. Lees hiervoor de inleiding in dit hoofdstuk en gebruik je aantekeningen uit de les.

.....
.....
.....
.....

2. Stel dat een $C_{10}H_{22}$ molecuul in tweeën breekt. Het ene molecuul is C_5H_{12} , wat is dan het andere? Schrijf de bijbehorende reactie vergelijking op in molecuulformules.

.....
.....
.....
.....

3. Er bestaan verschillende soorten kraakprocessen. In de inleiding van dit hoofdstuk en in bijlage 2 kun je informatie vinden over catcracken en hydrocracken. Geef de reactievergelijking van het kraken van $C_{10}H_{22}$ via catcracken en de reactievergelijking van het kraken van $C_{10}H_{22}$ via hydrocracken. Ga er van uit dat in beide gevallen in ieder geval C_5H_{12} ontstaat.

.....
.....
.....
.....
.....

4. Voor de offerte voor de olieraffinaderij, moet op je poster komen te staan of in jullie olieraffinaderij een Catcracker (FCC-unit) of een Hydrocracker (HC-unit) komt te staan. Bij het beslissen van de unit die je gaat bouwen, moet je bekijken welke producten je opdrachtgever wil hebben en of deze producten genoeg opbrengen. De keuze is dus voor een groot deel economisch, maar heeft wel degelijk de chemische basis (nl. welke producten je krijgt). Bij economie maak je de keuze voor de FCC of HC unit. Op je poster geef je naast een economische argumentatie ook een chemische uitleg over welke producten er gemaakt worden. Schrijf voor beide units hier de uitleg op:

De FCC-unit in de olieraffinaderij zorgt voor het produceren van

.....
.....
.....
.....

De HC-unit in de olieraffinaderij zorgt voor het produceren van

.....
.....
.....
.....

8.8. Op de poster

- Uitleg van het olieraffinageproces
- Hoogte van de destillatiekolom van de splitter pentaan/hexaan met hierbij de zuiverheid van de productstromen en een korte uitleg.
- Chemische uitleg bij de gekozen FCC of HC-unit in de olieraffinaderij (keuze maak je op economische gronden; zie §**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

9. De pompen en pijpleidingen (natuurkunde)

9.1. Inleiding

Bij het onderdeel natuurkunde gaan we ons bezig houden met vloeistoffen (olie), leidingen en pompen. We zullen een paar nieuwe formules leren en een paar oude bekende gebruiken, zoals de formules voor de dichtheid van een stof en voor het elektrisch vermogen. Ook worden enkele formules uit de wiskunde gebruikt voor vergroten en voor het berekenen van een volume.

De belangrijkste gegevens die we zullen gebruiken zijn de productiegetallen van de oliebron die op blz. 9 staan. Je leest er hoe lang en hoeveel olie er geproduceerd zal worden en welk deel van de olie naar de raffinaderij gaat en welk deel voor de export bestemd is.

Dit betekent dat er een pijpleiding van de oliebron naar de raffinaderij gelegd moet worden en een leiding van de raffinaderij naar de kust. Daar wordt de olie voor de export eerst verzameld in opslagtanks totdat er voldoende is om een supertanker mee te vullen. De supertanker ligt afgemeerd aan een boei (figuur 7), die zover uit de kust ligt dat het diep genoeg is voor een supertanker om probleemloos aan te leggen. Het voordeel hiervan is dat er geen dure haven aangelegd hoeft te worden die steeds weer uitgebaggerd moet worden.

We gaan uitzoeken:

Hoe groot de pijpleiding moet zijn die loopt

- van de bron naar de raffinaderij;
- van de raffinaderij naar de opslagtanks;
- van de opslagtanks naar de supertanker.

Hoe groot de pomp moet zijn om de supertanker voldoende snel vol te pompen.



figuur 7: Opslagtanks met geprojecteerde boei voor supertankers.

9.2. Lesindeling & organisatie

De opdrachten zijn verdeeld over drie lessen (§ **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** t/m § **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). In principe ga je zelf allerlei opdrachten maken gedurende die drie lessen, met en zonder computer. In het overzicht hieronder staat wat je per les af moet hebben.

Overzicht lessen

- Les 1 Theorie over stroming door leidingen en berekening leidingdiameters van de leidingen tussen bron en raffinaderij en tussen raffinaderij en opslagtanks. (§ **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**)
- Les 2 Berekening van de pomp en de leiding waarmee de supertanker wordt volgepompt. (§9.5)
- Les 3 Practicum pompen waarbij de pompkarakteristiek bepaald wordt. Bepaling van het vermogen van de pomp. (§ **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**)

9.3. Huiswerk

Bereid iedere les voor, door deze thuis van tevoren geconcentreerd door te lezen. Je weet dan ook wat je moet vragen aan de leraar of **het bedrijf** of wat je op moet zoeken op internet. Maak thuis de opgaven af waar je in de les niet aan toe bent gekomen of waar je pas later de gegevens voor hebt gekregen van **het bedrijf**.

9.4. Les 1: Stroming van vloeistoffen door leidingen

Doel

In deze les leer je het begrip *debiet* gebruiken en er berekeningen mee uit te voeren. Volumeberekeningen en vergroten uit de wiskunde van de tweede klas (hoofdstuk 8; Getal en ruimte) worden bekend verondersteld.

Lesopbouw

- Lees de theorie door;
- Maak opgaven 1, 2ab en 3ab. Voor opgaven 2cd en 3c heb je informatie van **het bedrijf** nodig;
- Zoek op **internet** naar supertankers en maak opgaven 4abc;
- Zoek op **internet** naar de laadtijd van supertankers of vraag het aan **het bedrijf**;
- Maak opgaven 5abc
- Voor 5d heb je informatie van **het bedrijf** nodig.

Theorie over stroming van vloeistoffen: debiet

Als je een bepaalde hoeveelheid vloeistof binnen een bepaalde tijd door een pijp wil pompen, kun je kiezen voor een dikke pijp waar de vloeistof langzaam doorheen stroomt of voor een dunne pijp waar de olie veel sneller doorheen stroomt. Het vloeistofvolume V dat per tijdseenheid t uit een pijp stroomt noemen we het debiet Q . De eenheid van debiet is m^3/s of L/min. De formule voor het debiet is

$$Q = \frac{V}{t} \quad (9.1)$$

waarbij

Q = debiet;

V = volume dat uit de pijp komt in een tijd t

t = de tijd waarin een volume V uit de pijp komt

Maar er is nog een andere formule voor het debiet die zo mogelijk nog belangrijker is:

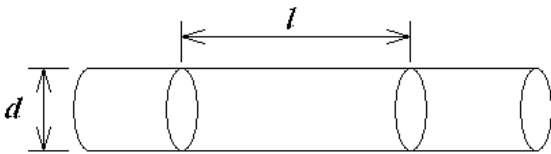
$$Q = A \cdot v \quad (9.2)$$

waarbij

Q = debiet;

A = oppervlakte van de doorsnede van de pijp. Voor ronde pijpen geldt $A = \pi/4 \cdot d^2$, met d als diameter van de pijp.

v = de stroomsnelheid van de vloeistof door de pijp.



figuur 8. Een stuk leiding met diameter d en lengte l .

Voorbeeld

Als olie met een snelheid $v = 2,5$ m/s door een leiding met een diameter $d = 8,0$ cm stroomt dan komt er iedere seconde een hoeveelheid olie uit die te beschouwen is als een cilinder met een lengte van $l = 2,5$ m en een diameter van $d = 8,0$ cm. De inhoud van een cilinder heb je in de tweede klas leren berekenen bij wiskunde, hoofdstuk 8. Dit is:

$$V = A \cdot l \quad (9.3)$$

Laat zien dat het debiet bij deze gegevens is: $Q = 1,3 \cdot 10^{-2}$ m³/s, maar ook $Q = 7,5 \cdot 10^2$ L/min.

.....

De pijpleiding van bron naar raffinaderij en opslagtank

De olie die uit de bron komt wordt afgevoerd door een pijpleiding met een relatief kleine diameter. De stroomsnelheid in dit soort leidingen is maximaal 2,5 m/s. De olie die uit de bron komt heeft een temperatuur van 90 °C. Het voordeel hiervan is dat olie bij een hoge temperatuur veel makkelijker door de leidingen stroomt: de pompen die de olie door de leidingen stuwen hoeven een minder hoge druk te leveren.

Hier gaan we kijken naar:

- de leiding die de olie van de bron naar de raffinaderij transporteert en naar
- de leiding die de olie van de raffinaderij naar de kust transporteert.

1. Noem twee voordelen en twee nadelen van een grote of kleine diameter van een pijpleiding. Gebruik hierbij de grootheden druk, stroomsnelheid, temperatuur en warmteverlies, en de hoeveelheid materiaal, nodig voor het maken van de pijp.

.....
.....
.....

2. De leiding van de bron naar de raffinaderij.

a) Bereken het debiet Q van het veld in m^3/s . Gebruik hiervoor de gegevens van blz. 9 over de hoeveelheid olie die het veld in 25 jaar zal leveren.

.....
.....
.....

b) Bereken de diameter in mm van de pijpleiding die loopt van de bron naar de raffinaderij, gegeven de maximale stroomsnelheid in zo'n leiding. Maak gebruik van de formule $Q = A \cdot v$.

.....
.....
.....

c) Voor de diameter d van een pijpleiding kan alleen gekozen worden uit gestandaardiseerde maten die gemeten worden in inches ($1'' = 2,54 \text{ cm}$). Vraag aan **het bedrijf** uit welke pijpdiameters gekozen kan worden. (Het symbool voor inches is het aanhalingsteken: Eén inch = $1''$.) (→ poster)

.....
.....
.....

d) Bereken de stroomsnelheid in de leiding voor de in vraag c gekozen diameter.

.....
.....
.....

Op blz. 9 is gegeven hoeveel procent van de olie voor de export beschikbaar is. De pijpleiding van de raffinaderij naar de opslagtank kan dus een kleinere diameter d hebben dan die van de bron naar de raffinaderij. Deze kun je natuurlijk weer op dezelfde manier uitrekenen als je al bij 2b hebt gedaan.

Maar bij wiskunde heb je in de tweede klas bij hoofdstuk 8 geleerd hoe je moet vergroten en verkleinen. We gebruiken weer de formule $Q = A \cdot v$. Stel dat het debiet Q 2x zo groot moet

worden en de stroomsnelheid v hetzelfde moet blijven, wat zal er dan met de vergrotingsfactor van *doorsnede A* gebeuren? En wat dus met de vergrotingsfactor van de diameter d van de leiding?

3. De leiding van de raffinaderij naar de kust

a) Bereken de vergrotingsfactor (verkleiningsfactor) van de diameter d die je in 2b berekend hebt voor de leiding van de raffinaderij naar de opslagtanks. Geef het antwoord in wiskundige notatie, dus met een macht of een wortel, niet als een decimaal getal.

.....
.....
.....

b) Bereken de diameter in mm van deze pijpleiding.

.....
.....
.....

c) Welke gestandaardiseerde diameter in inches kies je? (→ poster)

.....
.....
.....

De supertanker

Supertankers leveren het meeste geld op als ze varen. Daarom mogen ze niet te lang bezig zijn met laden en lossen. Om dat snel te doen worden hiervoor de grootste pompen uit de olie-industrie gebruikt met de dikste leidingen. De stroomsnelheid in dit soort leidingen is maximaal $v = 5$ m/s.

Gebruik **internet** bij het beantwoorden van de volgende vragen.

4. De supertanker

a) Zoek uit hoeveel ton olie er in een supertanker gaat.

.....ton

b) Bereken het volume hiervan met de formule voor de dichtheid $\rho = m/V$ ($\rho_{\text{olie}} = 900 \text{ kg/m}^3$).

.....
.....

c) Bereken hoelang het duurt voordat er voldoende olie geproduceerd is om een supertanker te vullen. Gebruik de gegevens van blz.9.

.....
.....
.....

5. De pomp

a) Hoelang mag een supertanker maximaal bezig zijn met laden en lossen? Vraag evt. **het bedrijf**.

.....

b) Bereken met behulp van 4b het debiet Q dat de pomp moet hebben om een supertanker voldoende snel vol te pompen.

.....
.....
.....

c) Bereken de diameter in mm van de leiding die loopt van de opslagtanks naar de supertanker. Gebruik $Q = A \cdot v$ en $A = \pi/4 \cdot d^2$.

.....
.....
.....

d) Welke gestandaardiseerde diameter in inches kies je? (→ poster)

.....
.....
.....

9.5. Les 2: Ontwerpopdracht leiding en pomp

Doel

In deze les leer je de benodigde opvoerhoogte van een pomp te bepalen met een ontwerpprogramma (Excelwerkblad) aan de hand van een gekozen leidingconfiguratie (= lengte, diameter, aantal bochten enz.).

Lesopbouw

- Lees de theorie over leidingweerstand.
- Maak een ontwerpschets van de leiding die loopt van de opslagtanks naar de supertanker.
- Maak opgaven 7 t/m 10 aan de hand van de ontwerpschets.
- Optimaliseer je ontwerp in vraag 11.

Leidingweerstand

Om de olie door de leidingen te pompen is een pomp nodig. Hier gaan we uitzoeken hoe groot die pomp moet zijn om een supertanker voldoende snel vol te pompen. Een te kleine pomp zou betekenen dat de supertanker te lang stil ligt en een te grote pomp zou betekenen dat je teveel betaald hebt voor de pomp. Om een pomp te kunnen bestellen moet je eerst weten door welke grootheden een pomp gekarakteriseerd wordt. Dat zijn de opvoerhoogte h en het debiet Q . Het debiet ken je al en heb je hiervoor in vraag 5b berekend.

De *opvoerhoogte* is de maximale hoogte waarbij een pomp nog net vloeistof kan leveren. Je kunt de opvoerhoogte ook zien als druk, zoals je in hoofdstuk 1 van *Natuurkunde Overal 3 vwo* hebt gehad, maar bij pompen spreekt men altijd over opvoerhoogte en nooit over druk!

In de praktijk spreekt men zelfs over *opvoerhoogte*, ook al wordt alle vloeistof horizontaal verpompt. Dat komt omdat er veel verschillende soorten weerstand in de leidingen optreden die allemaal omgerekend kunnen worden naar opvoerhoogte.

We moeten dus de benodigde opvoerhoogte van onze pomp bepalen aan de hand van alle weerstanden die op kunnen treden in de pijpleiding.

Het rekenblad

De totale berekening van de benodigde opvoerhoogte van de pomp bestaat uit een groot aantal kleine berekeningen. Vooral dat grote aantal maakt de uitvoering onoverzichtelijk. Daarom is er een rekenblad in Excel gemaakt waarin alleen maar de verschillende keuzes van het ontwerp in verschillende cellen ingevuld hoeven te worden.

In de industrie wordt ook zeer veel gebruik gemaakt van rekenbladen, om zeker te zijn dat aan alles gedacht is.

Hier wordt iedere stap in de berekening toegelicht. Het laat zien welke berekeningen er in het rekenblad toegepast worden en welke gegevens je in welke cel van het rekenblad moet invullen of in welke cel je het antwoord op een berekening kunt vinden.

De benodigde opvoerhoogte van de pomp is te berekenen met de formule:

$$h = \left(1 + \sum \xi\right) \cdot \frac{1}{2} \frac{v^2}{g} \quad (9.4)$$

met

- h benodigde opvoerhoogte van de pomp (A19);
- v de stroomsnelheid van de vloeistof, ongeveer 5 m/s (B3);
- g de specifieke zwaartekracht 9,8 N/kg (verwerkt in A19);
- ξ een weerstandsgetal (B9 t/m B13).

Er zijn verschillende weerstandsgetallen die allemaal opgeteld moeten worden. $\Sigma\xi$ betekent: neem de som van alle afzonderlijke ξ 's. Oftewel, tel ze allemaal op. Zo'n weerstandsgetal heeft weer te maken met de opvoerhoogte.

Er is een ξ voor:

- de lengte van de leiding (B9);
- voor haakse bochten (B10);
- voor de aanvoeropening van de leiding (B11);
- voor de uitstroomopening (B12);
- voor een afsluiter in de leiding (B13).

Een afsluiter is te vergelijken met een gewone kraan in de waterleiding. In lange leidingen worden verschillende afsluiters geplaatst om bij calamiteiten de leiding op verschillende plaatsen af te kunnen sluiten.

De verschillende weerstandsgetallen

Voor een rechte leiding geldt:

$$\xi = \lambda \frac{l}{d} \quad (\text{B9}) \quad (9.5)$$

met

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,0018}{\sqrt{vd}} \quad (\text{G3}) \quad (9.6)$$

en

l = lengte van de leiding (F3);

d = diameter van de leiding (C3);

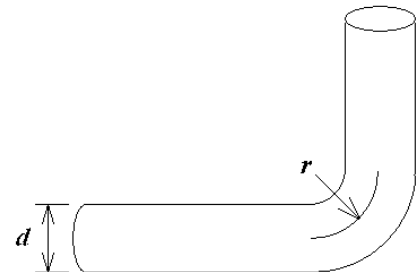
v = stroomsnelheid van de olie in de leiding (B3).

Voor een haakse bocht hangt ξ (B10) af van de verhouding d/r ,

met

d = diameter van de leiding (D3);

r = straal van de haakse bocht in de leiding (H3), zie tabel 4. *figuur 9: Haakse bocht*



tabel 4. De waarde van ξ voor verschillende verhoudingen van d en r .

d/r	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
ξ	0,14	0,16	0,20	0,30	0,44	0,66	1,00	1,40	2,00

Voor de ingang van een leiding geldt $\xi = 1,0$ (B11).

Voor het einde van een leiding is $\xi = 0,5$ (B12).

Voor een afsluiter geldt $\xi = 0,8$ (B13).

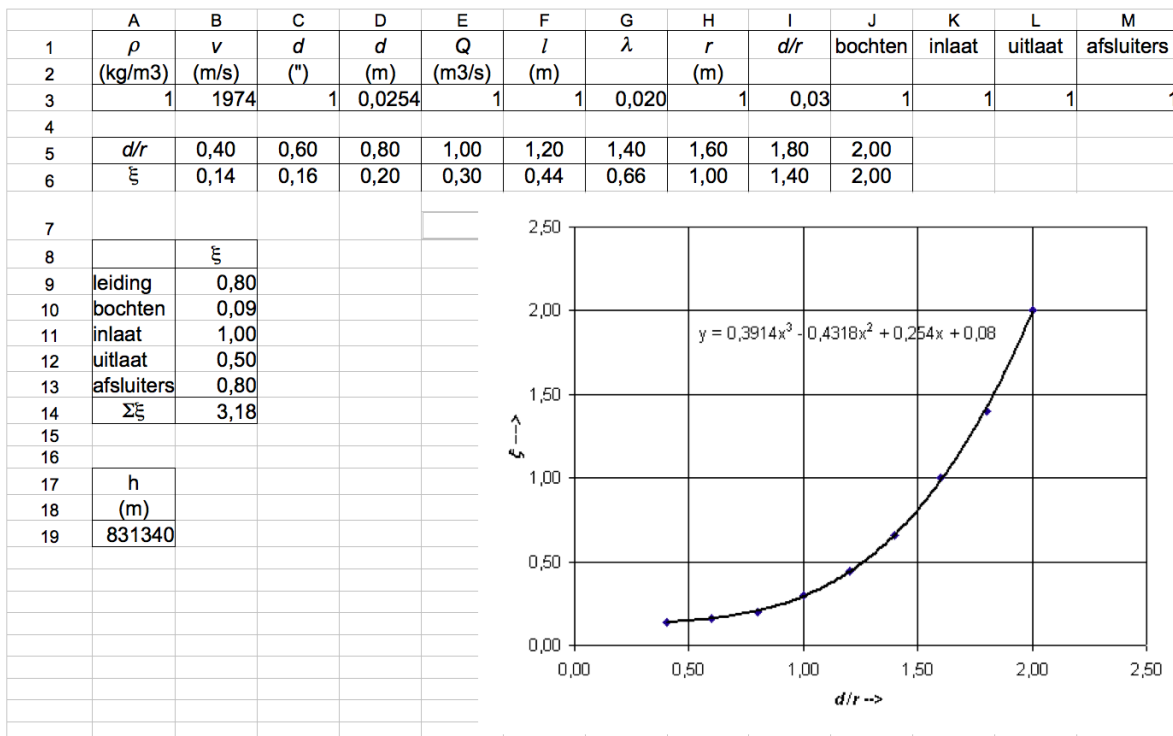
6. Ontwerpopdracht

Maak een plattegrond waarop de loop van de pijpleiding is aangegeven van de opslagtanks naar de boei waar de tanker aanlegt, zie figuur 7. Geef in deze plattegrond de lengte aan van alle leidingstukken, de haakse bochten, de afsluiters en de in- en uitlaat van de leiding.

In opgave 7 t/m 10 worden de verschillende keuzes van het ontwerp vastgelegd op het Excelrekenblad van figuur 9. Dit staat op de site van het Haganum bij het vak natuurkunde. De minimaal vereiste opvoerhoogte h van de pomp wordt dan automatisch berekend in A19. Vul voordat je begint met ontwerpen eerst in:

- de dichtheid van olie in A3 (900 kg/m^3);
- het debiet in E3 (antwoord vraag 5b);
- de gekozen diameter van de leidingen in inches in C3 (antwoord vraag 5d).

Controleer of B3 ongeveer 5 m/s is en of D3 ongeveer gelijk is aan het antwoord op vraag 5c.



figuur 9: Werkblad in Excel voor de berekening van de benodigde opvoerhoogte.

7. Maak een schatting van de lengte van de leiding van de opslagtank naar de supertanker. Vul dit getal in in cel F3.

.....

8. Maak een schatting van het aantal haakse bochten tussen de opslagtank en de supertanker. Vul dit getal in in cel J3.

.....

9. Maak een keuze voor de straal van de haakse bochten. Vul dit getal in in cel H3.

.....

10. Maak een schatting van het aantal afsluiters in de leiding. Vul dit getal in in cel M3.

.....

11. Optimaliseer je ontwerp: Lees de minimaal benodigde opvoerhoogte h van de pomp af uit A19 en probeer door jouw ontwerpkeuzes aan te passen deze opvoerhoogte te verkleinen. Hoe kleiner, des te goedkoper de pomp!

Zet op de poster welke ontwerpkeuzes er zijn gemaakt voor de lengte van de leiding, de diameter enz. en wat de benodigde opvoerhoogte van de pomp is. Aan het einde van de volgende les komt daar ook nog het benodigde elektrisch vermogen van de pomp bij te staan (→ poster).

9.6. Les 3: Practicum Pompen

Doel

Bepalen van het verband tussen het elektrisch vermogen en het debiet van een pomp. Hieruit kan een schatting gemaakt worden van het benodigde elektrisch vermogen van de te installeren pomp.

Lesopbouw

- Voer de metingen uit en vul de meetgegevens in in Tabel 5.
- Maak een P , Q -kromme voor de pomp.
- Leid hieruit het benodigde vermogen af voor de te installeren pomp, gegeven het benodigde debiet uit vraag 5b.

Inleiding

Het type pomp dat gebruikt wordt om supertankers mee vol te pompen is hetzelfde als de pomp die hier gebruikt wordt. Als het verband tussen het elektrische vermogen en het debiet van de pomp bepaald is kan een schatting gemaakt worden van het benodigde elektrische vermogen van de echte pomp.

Onderzoeksvraag

Wat is het verband tussen het elektrisch vermogen P en het debiet Q van een pomp?

Materialen en werkwijze

Dompelpomp (1) met statief (4) en slang (3) van 2,0 m.

Emmer (2)

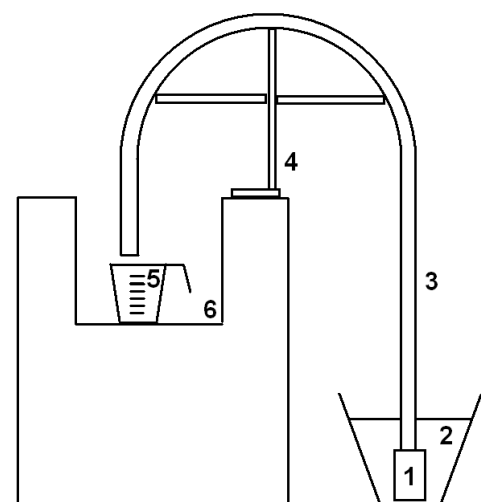
Maatbeker 1 L (5) in gootsteen (6)

Spanningsmeter

Stroommeter

Meetsnoeren 3x

Stopwatch



figuur 10 practicumopstelling.

Zet de emmer met enkele liters water op de grond bij een wasbak. Doe de pomp met slang eraan in de emmer. Hang de slang over het statief boven de maatbeker die in de wasbak staat.

Om het elektrisch vermogen van de pomp te meten heb je een spanningsmeter en een stroommeter nodig. Sluit deze drie apparaten op de juiste manier aan op een voedingskast en **laat de schakeling controleren** voordat je de spanning aanzet! Sluit de meters aan met

hun hoogste (= veiligste) waarden en draai de regelknop op de voedingskast linksom naar nul!

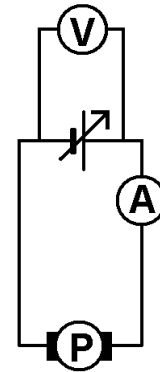
==== stroommeters kunnen stuk en gaan stuk als je niet weet wat je doet!! ====

Test nu de pomp met de slang helemaal onder water door de spanningsknop langzaam omhoog te draaien totdat een spanning van 12 Volt is bereikt. Lees de stroom af en vul die alvast in de tabel in. Als de pomp naar behoren werkt ga je het practicum uitvoeren.

Om bij verschillende spanningen eerlijk te kunnen meten moet er in de emmer telkens hetzelfde volume water zitten.

Iedere meting kent de volgende stappen:

- Vul de emmer op de grond steeds bij tot één vaste hoogte.
- Zet de voedingskast aan en stel de gewenste spanning in.
- Begin bij 12 Volt en ga in stapjes van 1 Volt naar beneden tot er geen water meer uit de pomp komt.
- Wacht even tot er een constante waterstraal uit de slang komt. Lees dan de spanning en de stroom nauwkeurig af en zet de waardes in tabel 5.
- Druk de stopwatch in op het moment dat je de lege maatbeker onder de straal zet.
- Als er net iets minder dan een liter in de maatbeker gestroomd is haal je tegelijkertijd de slang uit de maatbeker en stop je de tijd.
- Lees het volume zo nauwkeurig mogelijk af en noteer deze waarde in tabel 5.
- Noteer de tijd in tabel 5.



figuur 11. Aansluitschema

Tabel 5 Meetgegevens van de pomp.

	A	B	C	D	E	F
1	Spanning (V)	Stroom (A)	Tijd (s)	Volume (L)	Debiet (L/min)	Vermogen (W)
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Neem tabel 5 met de meetwaarden over op een rekenblad in Excel. Het uitrekenen van de kolommen *debiet* en *vermogen* laat je het rekenprogramma doen. Typ in cel E2 de formule =D2/C2*60. Bedenk zelf welke formule je in cel F2 moet invoeren. Vergeet het is-gelijk-teken niet! De formules kun je heel makkelijk kopiëren naar E3 t/m E12 resp. F3 t/m F12: Klik op E2 en sleep het puntje rechtsonder in E2 naar E12. Doe hetzelfde voor F2.

Resultaten: Verwerking met Excel 2003

Maak een diagram waarin het vermogen uitgezet wordt tegen het debiet. Dat gaat als volgt.

- Selecteer kolommen E en F, kies Invoegen, grafiek, grafiektype: spreiding,
- volgende, volgende,

- Titels: waardeas (X): ---> debiet (L/min), waardeas (Y): ---> vermogen (W), Rasterlijnen: primaire x en y, Legenda: niet weergeven, Voltooiën.
- Klik langzaam tweemaal op “---> debiet (L/min)” en maak *debiet* cursief. Doe hetzelfde met *vermogen* (W).
- Klik met de rechter muisknop op een meetpunt in het diagram en kies *Trendlijn toevoegen...*
- Kies Type polynoom, graad 3. Bij opties aanvinken: *Snijpunt met Y-as instellen op 0* en *Vergelijking in grafiek weergeven*. Met de optie *Voorspelling terug* kan de lijn verlengd worden, richting de oorsprong (→ poster).

Resultaten: Verwerking met Excel 2007

Maak een diagram waarin het vermogen uitgezet wordt tegen het debiet. Dat gaat als volgt.

- Selecteer kolommen E en F, kies Invoegen, Spreiding in grafieken, eerste optie.
- Grafiekindeling, indeling 10, verwijder de tekst “reeks 1”, maak de bijschriften bij de assen op met ---> debiet (L/min) en ---> vermogen (W) enz.
- Rechter muisknop: Grafiekgebied opmaken, randkleur: geen lijn.
- Rechter muisknop op meetpunt: trendlijn toevoegen, Type polynoom, graad 3, Voorspelling terug ..., snijpunt met y-as instellen op 0, Vergelijking in grafiek weergeven.
(→ poster).

Conclusie

Nu je de formules hebt gevonden die het verband aangeeft tussen het elektrische vermogen en het debiet kun je een schatting maken van het elektrisch vermogen van de pomp die gebruikt gaat worden voor het volpompen van een supertanker. Vul daartoe het debiet waarmee de supertanker gevuld wordt in in de formules en bereken het benodigde elektrische vermogen van de pomp (→ poster).

Ga na of dit een realistisch vermogen is.

Formule:

.....
.....
.....

9.7. Op de poster

- diameters van de pijpleidingen in inches die je hebt berekend (vraag 2c, 3c, 5d)
- ontwerpschets van de pijpleiding van de opslagtanks naar de supertanker (vraag 6+10)
- de geoptimaliseerde opvoerhoogte h (vraag 11)
- verwerking van je proef (antwoord onderzoeksvraag, verwerking Excel).

10. De opslagtanks (wiskunde)

10.1. Leerdoelen en lesopbouw

Leerdoel

Toepassen van de wiskundestof uit 2^e klas in een nieuwe context. Het betreft de hoofdstukken 6, 7 en 8 van de methode *Getal en ruimte*. Dit houdt in: Stelling van Pythagoras, opstellen van een 2^egraadsvergelijking en het berekenen van het volume van een samengesteld lichaam: blok, cilinder en piramide.

Lesopbouw

Het wiskundedeel omvat drie lessen. De eerste les wordt besteed aan het maken van voorbereidende sommen. Tijdens de tweede les worden opdrachten in de mediatheek met behulp van Google Maps (internet) uitgevoerd. Hier is een geodriehoek bij nodig. Zorg dat je in ieder geval alle metingen in één les hebt uitgevoerd. De derde les wordt in de klas uitgevoerd.

Huiswerk

Per les moet er één opdracht gemaakt worden. In de eerste les wordt opdracht 1 behandeld. Alles wat niet af is wordt huiswerk. In les twee en drie moeten opdrachten 2 en 3 gemaakt worden. Alle metingen moeten in de tweede les plaatsvinden, daar is later geen tijd meer voor. Heel opdracht 2 moet af zijn voor de derde les, dus alles wat in de les niet af is wordt huiswerk. In les 3 wordt opdracht drie afgemaakt. Lukt dat niet dan wordt de rest huiswerk. Hoe meer je in de les doet, des te minder huiswerk je hebt.

Opdracht 1

Theorie:

Uit de tweede klas is de stelling van Pythagoras bekend. Met deze stelling is het mogelijk als er in een rechthoekige driehoek de lengtes van twee zijden bekend zijn, de derde zijde uit te rekenen. Bij een gelijkbenige, rechthoekige driehoek heb je maar één zijde nodig om de andere zijden uit te rekenen.

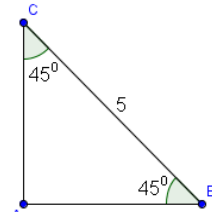
Voorbeeld:

Gegeven is $\triangle ABC$ met $\angle B = \angle C = 45^\circ$ en $BC = 5$ cm

- Schets $\triangle ABC$
- Bereken AB exact.

Antwoord:

a



figuur 12

b $\angle A = 180^\circ - 45^\circ - 45^\circ = 90^\circ$, ΔABC is dus een rechthoekige driehoek

$\angle B = \angle C$, dus ΔABC is gelijkbenig

Stel $AB = x$, dan is $AC = x$

$$AB^2 + AC^2 = BC^2$$

$$x^2 + x^2 = 5^2$$

$$2x^2 = 25$$

$$x^2 = 12\frac{1}{2}$$

$$x = \sqrt{12\frac{1}{2}}$$

$$\text{dus } AB = \sqrt{12\frac{1}{2}}$$

exact betekent wortels en breuken laten staan

Vragen:

1. Gegeven is ΔABC met $\angle A = \angle B = 45^\circ$ en $AC = 3$ cm

a Schets ΔABC

b Bereken AB exact.

2. Gegeven is ΔABC met $\angle A = \angle B = 45^\circ$ en $AB = 10$ cm.

CD is de hoogtelijn door C op AB .

a Schets ΔABC

b Bereken AC en BC exact.

c Bereken de hoogte CD exact.

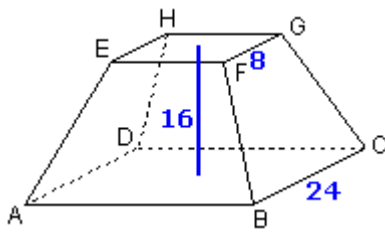
Theorie:

Een afgeknotte piramide is een piramide waarvan de top afgesneden (afgeknot) is.

Voorbeeld:

Gegeven is een afgeknotte piramide $ABCD.EFGH$ met een vierkant grondvlak. Verder is bekend dat $BC = 24$, $FG = 8$ en de hoogte is 16.

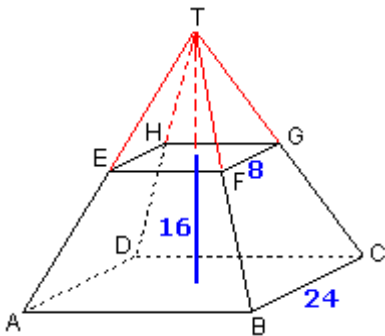
Bereken exact de inhoud van $ABCD.EFGH$.



figuur 13

Antwoord:

Kijk allereerst naar de 'hele' piramide (voordat hij werd afgeknot):



figuur 14

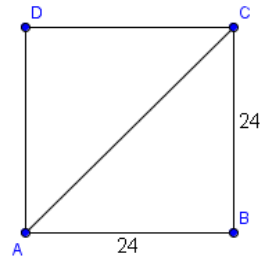
inhoud piramide: $I = \frac{1}{3} \cdot G \cdot h$

h = hoogte

G = oppervlakte grondvlak

De inhoud van een afgeknotte piramide kunnen we niet in één keer berekenen. Wel kunnen we inhoud uitrekenen van de "oude", grote piramide en daar de inhoud van de afgeknotte, kleine piramide afhalen. Om beide inhouden uit te kunnen rekenen hebben we de originele hoogte nodig.

Teken de beide grondvlakken en bereken de diagonalen.



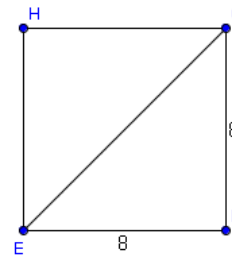
figuur 15

$$AC^2 = AB^2 + BC^2$$

$$AC^2 = 24^2 + 24^2$$

$$AC = \sqrt{1152}$$

$$(AC = \sqrt{576 \cdot 2} = 24\sqrt{2})$$



figuur 16

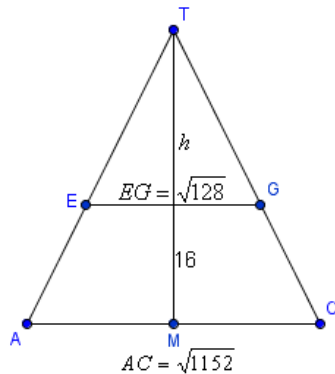
$$EG^2 = EF^2 + FG^2$$

$$EG^2 = 8^2 + 8^2$$

$$EG = \sqrt{128}$$

$$(EG = \sqrt{64 \cdot 2} = 8\sqrt{2})$$

Teken de doorsnede ΔTAC .



Figuur 17

ΔACT is gelijkvormig met ΔAGT , want het is een snavelfiguur.

$$\frac{AC = \sqrt{1152}}{EG = \sqrt{128}} \quad \left| \quad \frac{TM = h+16}{h} \right.$$

OF

$$\frac{AC = 24\sqrt{2}}{EG = 8\sqrt{2}} \quad \left| \quad \frac{TM = h+16}{h} \right.$$

$$\sqrt{1152} \cdot h = \sqrt{128} \cdot (h+16)$$

$$\sqrt{1152} \cdot h = \sqrt{128} \cdot h + 16\sqrt{128}$$

$$\sqrt{1152} \cdot h - \sqrt{128} \cdot h = 16\sqrt{128}$$

$$(\sqrt{1152} - \sqrt{128}) \cdot h = 16\sqrt{128}$$

$$h = \frac{16\sqrt{128}}{\sqrt{1152} - \sqrt{128}}$$

$$24\sqrt{2} \cdot h = 8\sqrt{2} \cdot (h+16)$$

$$24h = 8 \cdot (h+16)$$

$$24h = 8h + 128$$

$$16h = 128$$

$$h = 8$$

$$h = 8$$

$$I_{afgeknot} = I_{groot} - I_{klein}$$

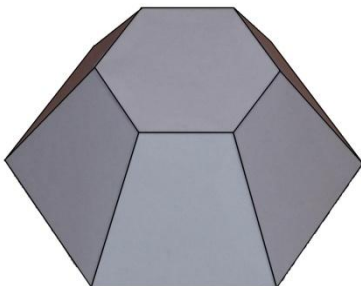
$$I_{afgeknot} = \frac{1}{3} \cdot 24^2 \cdot (16 + 8) - \frac{1}{3} \cdot 8^2 \cdot 8$$

$$I_{afgeknot} = 4608 - 170\frac{2}{3}$$

$$I_{afgeknot} = 4437\frac{1}{3}$$

Vragen:

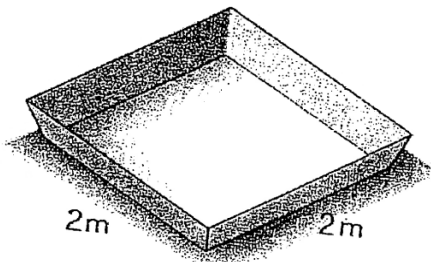
3. Gegeven is piramide $T.ABCD$ met $AB = BC = 4$ cm en $AT = 6$.
Bereken de inhoud van de piramide in mm^3 nauwkeurig.
4. Gegeven is piramide $T.ABCD$ met $AB = BC = 4$ cm en de hoogte = 6.
De piramide wordt op hoogte 4 afgeknot. Bereken exact de inhoud van het onderste gedeelte.
5. Gegeven is een afgeknotte piramide met een regelmatige zeshoek als grondvlak. De zijden van het grondvlak zijn 2 cm. De zijden van het bovenvlak is 1,5 cm. De afgeknotte piramide is 0,5 cm hoog. Bereken de inhoud van de afgeknotte piramide in mm^3 nauwkeurig.



figuur 18

6. Een zandbak heeft de vorm van een afgeknotte regelmatige piramide. De bodem is een vierkant van 2 m bij 2 m. De bovenkant is een vierkant van 2,2 m bij 2,2 m. De hoogte is 30 cm.

Hoeveel dm^3 zand kan er in de bak?



figuur 19

7. Bereken de inhoud van een cilinder met $d = 6$ m en $h = 10$ m. Rond af op 1 decimaal.

inhoud cilinder: $I = G \cdot h$

h = hoogte

G = oppervlakte grondvlak

8. Een cilinder met straal $r = 5$ heeft een inhoud van $I = 370$.
Bereken de hoogte van deze cilinder. Rond af op 2 decimalen.

10.2. *Het volume en de hoogte van de opslagtanks*

Olie wordt opgeslagen in opslagtanks. Dit zijn cilindervormige tanks waarbij de as van de tank verticaal staat. Op de Maasvlakte en in het Botlekgebied staan er honderden. Hier wordt de olie uit de supertankers opgeslagen waarna de olie via pijpleidingen of binnenvaartschepen (lichters) verder vervoerd wordt het binnenland in.

In Oman heb je ook opslagtanks nodig. De olie uit de bron vult langzaam de tanks totdat er genoeg olie is voor een supertanker. De vraag is hoeveel van dit soort tanks er nodig zijn om één tanker te vullen. We gaan met behulp van Google Maps op twee manieren uitzoeken welk volume deze opslagtanks hebben en we berekenen de hoogte van deze tanks.

Opdracht 1

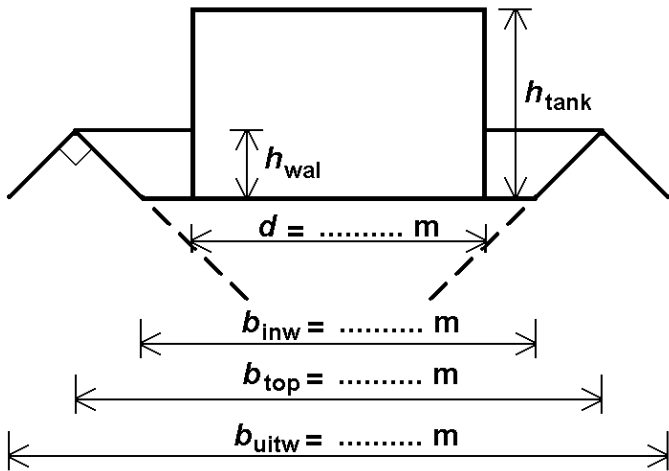
Om tijdens calamiteiten met een opslagtank te voorkomen dat de olie overal naartoe stroomt ligt er een aarden wal omheen. De inhoud van deze aarden wal is gelijk aan die van de opslagtank. We gaan het volume berekenen van een opslagtank door de inhoud van de aarden wal te bepalen. We nemen de tank met coördinaten $51^\circ 52' 23.79''$ NB, $4^\circ 16' 59.78''$ OL op Google Maps.

1. Ga naar Google Maps op internet: <http://maps.google.nl/>.
2. Tik in: 51 52 23.79, 4 16 59.78 en zoom in.

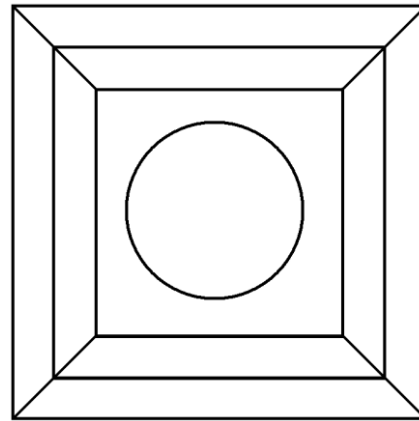
Je kunt nu de diameter van de tank opmeten en de afmetingen van de aarden wal. Gebruik de schaal die Google Maps geeft.

3. Meet de afmetingen op en noteer de antwoorden in figuur 20.

De doorsnede van de aarden wal is een rechthoekige driehoek met tophoek van 90° , zie figuur 20. (Op de luchtfoto lijkt het of de ene zijde van de wal kleiner is dan de andere. Hoe komt dat?)



figuur 20: Doorsnede van aarden wal met opslagtank.



figuur 21: bovenaanzicht

4. Bereken de hoogte van de aarden wal h_{wal} met onder andere de stelling van Pythagoras.

.....

5. Bereken het volume van de olie die binnen de aarden wal opgeslagen kan worden bij een calamiteit. Gebruik hiervoor de stelling van Pythagoras en de formule voor de inhoud van een piramide $V = 1/3 A \cdot h$, met A de oppervlakte van het grondvlak van de piramide.

.....

6. Bereken de maximale hoogte van de tank h_{tank} . Houd rekening met de schuine kanten van de aarden wal. Maak duidelijke tekeningen bij de berekeningen zodat te controleren is hoe de berekening van het volume binnen de aarden wal tot stand is gekomen.

.....

Opdracht 2

Bij deze opdracht gaan we de inhoud van een opvallende tank in het Botlekgebied bepalen. De tank is te vinden op Google Maps 51° 53' 02.85" NB, 4° 15' 43.27" OL. Daar is de diameter van de tank op te meten. Op de foto is ook de diameter van de tank op te meten. Hieruit is de vergrotingsfactor te bepalen.

- 7. Ga in Google Maps naar de coördinaten 51° 53' 02.85" NB, 4° 15' 43.27" OL.
- 8. Meet de diameter op en reken deze met de schaal van Google Maps om naar meters. De diameter van de tank ism.
- 9. Bepaal de diameter van de tank op de foto in figuur 22.
- 10. Bepaal de vergrotingsfactor van de foto in figuur 22.

Helaas is de hoogte van de tank niet op te meten. Op de foto in figuur 22 is de onderkant van de iets verzonken gelegen tank onttrokken aan het zicht door de aarden wal. Wèl is de hoogte z boven de aarden wal op te meten uit de foto, zie ook figuur 23. De belangrijkste vraag is evenwel wáár je die hoogte op moet meten: in het midden of aan de rand van de tank. Door de vergrotingsfactor van de diameter te bepalen is de ware hoogte boven de aarden wal te bepalen.

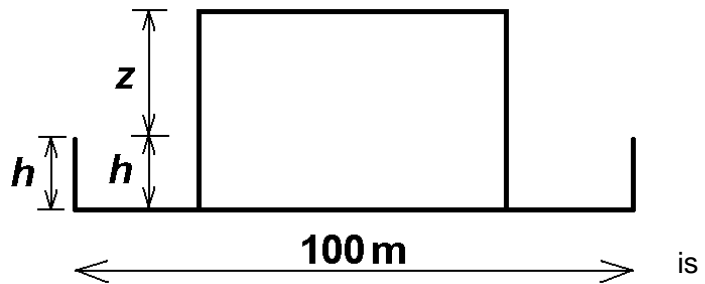
- 11. Bepaal de hoogte boven de aarden wal van de echte tank (z).

.....
.....
.....



figuur 22: Een opvallende olieopslagtank in de Botlek (bron: Wikipedia).

Bij de verdere berekening gaan we er vanuit dat deze tank in een vierkanten bak staat van 100 m x 100 m met verticale wanden, zie figuur 23. Neem aan dat de hoogte van deze wanden h bedraagt. De totale hoogte van de opslagtank dus $h + z$ waarbij h onbekend is.



figuur 23: Opslagtank in betonnen bak.

12. Stel een formule op voor het volume V van de betonnen bak met h als onbekende.

.....
.....
.....

13. Stel een formule op voor het volume V van de opslagtank met h als onbekende.

.....
.....
.....

14. Stel beide voorgaande formules gelijk en bereken h en V .

.....
.....
.....

10.3. Opslagtanks in Oman

In Oman bij de haven zullen ook opslagtanks moeten komen te staan. Het volume van de totale opslag zal minimaal gelijk zijn aan het volume olie dat in een supertanker kan. De olie moet tenslotte op voorraad zijn als de supertanker komt en gevuld wordt.

15. Bij vraag 4c in H9 heb je het volume van de olie berekend voor een supertanker. Zoek dit op of reken dit als nog uit (maak vraag 4 H9).

.....
.....
.....

16. Bereken hoeveel opslagtanks (→poster) je in Oman bij de haven nodig hebt. Ga uit van het volume olie dat in opslag moet (vraag 15) en het volume van een opslagtank (vraag 5 en/of 14).

.....
.....
.....

10.4. Op de poster

Zet op de poster het volgende:

- Volume van de door jou gekozen opslagtanks (vraag 5 en/of vraag 14)
- Aantal opslagtanks
- Korte uitleg waarom je de betreffende opslagtank kiest

11. De locatie en de tijdelijke stad (aardrijkskunde)

11.1. Doel en lesopbouw

Doel

Je gaat bij aardrijkskunde aan de hand van een aantal opdrachten de kaart maken voor de olieraffinaderij, de haven en de stad waar de arbeiders komen te wonen. Dit betreft alleen een tijdelijke stad, omdat het bouwen van de olieraffinaderij zeker 1,5 jaar gaat duren. Het is dus niet de uiteindelijke stad waar de medewerkers van de olieraffinaderij gaan wonen. Het gaat puur om een stad in verband met het bouwproces.

Opbouw lessen

- Opdrachten maken over Oman (§11.2)
- Bepalen van de locatie van de olieraffinaderij (§11.3)
- Inrichting stad inclusief fabriek en haven (§11.4)

Vraag je leraar hoeveel lessen je de tijd krijgt voor alle opdrachten. Dit zijn waarschijnlijk ongeveer 3 of 4 lessen: een les per paragraaf. De rest moet je thuis doen. Verdeel het werk! Je hebt dus voor elke les huiswerk (dat je jezelf opgeeft!).

In de uitgangspunten voor de studie (H6) vind je een aantal eisen die betrekking hebben op het inrichten van de stad. Tevens staan hier internetpagina's genoemd die je kunt bezoeken om meer informatie te krijgen. Doe dit ook!

11.2. Les 1: Opdrachten over Oman

Het terrein in Oman is vooral droge platte woestijn met zandduinen en plateaus van stenen. Van het noorden naar het zuiden liggen bergen. De arbeiders die de olieraffinaderij zullen bouwen komen uit Oman zelf, maar ook uit de Arabische wereld, Zuid-Azië (India, Pakistan, Sri Lanka, Bangladesh) en Afrika. Hun geloof zal verschillen, maar overwegend zijn zij moslim (75% Ibadhi moslim, 25% andere moslims).

Opdrachten

Maak onderstaande opdrachten in de klas met behulp van een atlas. Alle antwoorden waarvoor je nog informatie op internet moet opzoeken, doe je thuis of in de mediatheek.

1. Zoek in de atlas de kaart van Oman op. Wat is de hoofdstad van Oman?

.....
.....

2. Zoek (in de atlas) op wat voor klimaat er is in Oman. (zoek op internet verder)

.....
.....
.....

3. Kun je in Oman spreken van vier seizoenen? Licht je antwoord toe.

.....
.....
.....
.....

4. Leg uit of de huizen in Oman een centrale verwarming nodig hebben. Zo niet, wat is een goed alternatief?

.....
.....
.....
.....

5. Zijn er op dit moment in Oman al plekken waar naar olie wordt geboord (zoek op in de atlas)?

.....
.....
.....
.....

6. Wat denk je dat er na de boring met deze aardolie wordt gedaan?

.....
.....
.....
.....

7. Beschrijf kort verschillende manieren hoe elektriciteit opgewekt kan worden in Oman.

.....
.....
.....
.....

8. Welke manier lijkt jou het meest efficiënt voor de elektriciteitsvoorziening in de stad die gebouwd gaat worden? Leg je antwoord uit.

.....
.....
.....
.....

9. Oman is een grote woestijn. Bedenk verschillende manieren hoe ze in Oman aan water kunnen komen. Zoek dit eventueel op internet op.

.....
.....
.....
.....

10. Leg uit welke manier van watervoorziening in de stad die gebouwd gaat worden jou het efficiëntst lijkt. Bedenk hierbij dat de stad tijdelijk is (voor 1,5 jaar).

.....
.....
.....
.....

11. De arbeiders komen uit Oman en uit het buitenland. Zal de integratie van deze arbeiders onderling of met de bevolking van Oman problemen geven? Licht je antwoord kort toe.

.....
.....
.....
.....

12. Welke godsdiensten komen er voor in de nieuwe stad?

.....
.....
.....
.....

11.3. Les 2: Bepalen locatie olieraffinaderij

Voordat je de tijdelijke stad gaat inrichten, moet je eerst bepalen waar je de olieraffinaderij gaat bouwen. Er zijn grofweg drie mogelijkheden: bij de bron, in het binnenland of aan de kust. De bepaling van de locatie doe je aan de hand van onderstaande vragen.

13. Bekijk bijlage 1 en bijlage 4. Bijlage 4 geeft een detail luchtfoto van de omgeving van Fahud. Zoek in bijlage 1 Fahud op (bij de pijl). Teken op bijlage 1 de locatie van de oliebron (die staat in bijlage 3 aangegeven).

14. Bespreek waar precies de olieraffinaderij komt te staan. Betrek in je argumentatie (→poster) de ligging van de oliebron, het type landschap (in het noorden zijn bergen), de lengte van de pijpleiding(en), het gemak van de aanvoer van materiaal, de ligging van wegen, het percentage olie dat voor binnenlands gebruik geraffineerd wordt (H6), het percentage export van ruwe olie (via tankers), etc.

15. Geef de locatie waar de olieraffinaderij komt, en waar jullie dus de tijdelijke stad gaan bouwen aan op de kaart van bijlage 1. (→poster; plak de bijlage erop).

Tip: De opdrachtgever zal deze keuze belangrijk vinden.

16. Geef je argumenten voor de locatie die jullie gekozen hebben:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

11.4. Les 3 (en 4): Inrichting stad

Voor het tekenen van de stad gebruik je een leeg A3 vel.

Eisen

17. Lees H6, uitgangspunten voor de studie. Schrijf hieronder de eisen op waaraan de stad moet voldoen (bijv. aantal inwoners). Vul deze aan met zelfbedachte eisen:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

18. Maak een lijst in onderstaande tabel met voorzieningen die in de stad gebouwd moeten worden (kolom 1; voorziening). Beperk het aantal verschillende voorzieningen tot maximaal 10. Zo kun je namelijk straks gemakkelijker een kaart met maar een aantal kleuren maken. In de tabel is een **voorbeeld** ingevuld. Gebruik ook informatie uit de opdrachten natuurkunde, scheikunde en wiskunde. Welke voorzieningen die je in een permanente stad hebt, heb je wel en niet nodig in een tijdelijke stad?

Voorziening	Oppervlakte per eenheid	Aantal eenheden	Totale oppervlakte in de stad	Kleur op de kaart
Wonen	60m ²	1000	60.000m ²	rood

Kaart

20. Je gaat aan de hand van de tabel uit de vorige opdracht een kaart maken. Hiermee richt je de stad in. Je krijgt twee maal een A3 vel. Eén vel is voor klad, één kaart voor in het net. Richt de stad in zoals jij denkt dat dit goed is. Let op de eisen die in H6 genoemd zijn! Je argumenten voor bepaalde keuzes (waarom je wat waar hebt gepland) schrijf je hieronder op (→poster).

21. De definitieve kaart kleur je in met de kleuren die je voor verschillende voorzieningen hebt gekozen. **Deze plak je op je poster.** Maak een samenvatting van je argumenten, zodat je **deze of op de poster kunt zetten**, of in je presentatie kunt vertellen.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

11.5. Op de poster

- locatie olieraffinaderij met argumentatie (vraag 15 en 16)
- plattegrond van de tijdelijke stad met argumentatie (vraag 20 en 21)

12. De investeringskosten en terugverdientijd (economie)

12.1. Lesopbouw en leerdoelen

Doel

In deze opdracht ga je een schatting maken van de investering die de opdrachtgever moet doen voor het bouwen van de olieraffinaderij. Tevens ga je de terugverdienperiode berekenen.

Leerdoelen

- Het maken van een schatting van een totale investering van een raffinaderij.
- Het verdelen van de productiekosten in constante en variabele kosten.
- De totale opbrengsten berekenen door verkoopprijs en verkochte hoeveelheid met elkaar te vermenigvuldigen.
- Het maken van een eenvoudige terugverdienperiode.
- Het maken van een wisselkoersberekening.

Opbouw les

- inleiding door de docent (kort)
- maken van de opdrachten: hierbij is een computer met Excel nodig.
- huiswerk: opdrachten thuis afmaken

12.2. Opdrachten: Investering & terugverdienperiode

Inleiding

Bij de bouw van een raffinaderij is het belangrijk om de meest geschikte procesconfiguratie (manier van produceren) te kiezen. Veelal wordt deze procesconfiguratie geselecteerd aan de hand van economische overwegingen. Bij deze opdracht gaan we een economische analyse maken van twee procesconfiguraties. De resultaten van deze analyse zullen vervolgens met elkaar worden vergeleken. Bij deze analyse gaan we kijken naar de totale investering van een raffinaderij en naar de te verwachten jaarlijkse kosten en opbrengsten.

Opdrachten

1. *Maak een overzicht van de investeringen, kosten en opbrengsten voor optie 1 en optie 2. Doe dit door tabel 6 compleet te maken. Maak hiervoor gebruik van de informatie uit tabel 7.*

Vul onderstaande tabel in om een beeld te krijgen van de te plegen investeringen en de daarmee samenhangende kosten en opbrengsten.

tabel 6: Overzicht van de investeringen, kosten en opbrengsten van Optie 1 en Optie 2.

	Eenheid	Optie 1 (met FCC-unit)	Optie 2 (met HC-unit)
INVESTERING:			
Ontwerp	[MEUR]	10	10
Aanwenden materialen	[MEUR]	400	300
Constructie	[MEUR]	40	40
TOTALE INVESTERING	[MEUR]	...	...
KOSTEN:			
Variabele kosten per Mton ruwe olie	[MEUR/jaar]	230	247.5
Afschrijvingskosten ¹⁾	[MEUR/jaar]	...	...
Overige Constante kosten	[MEUR/jaar]	50	50
TOTALE KOSTEN	[MEUR/jaar]	...	...
OPBRENGSTEN			
Benzine ²⁾	[MEUR/jaar]	...	...
Kerosine ²⁾	[MEUR/jaar]	...	...
Diesel ²⁾	[MEUR/jaar]	...	...
Stookolie ²⁾	[MEUR/jaar]	...	...
TOTALE OPBRENGSTEN	[MEUR/jaar]	...	...

1) deze kosten kunnen berekend worden door de totale investering te delen door de levensduur van de raffinaderij

2) deze kosten kunnen worden berekend door gebruik te maken van de productie- en prijzentabel

tabel 7: Overzicht van de capaciteit, levensduur, prijzen en productiehoeveelheden.

Optie			1	2
Beschrijving			FCC	HC
Kerngegevens	Capaciteit	Mton ruwe olie /jaar	1	1
	Levensduur	jaren	15	20
Productie hoeveelheden	Benzine	Mkg/jaar	730	200
	Kerosine	Mkg/jaar	0	100
	Diesel	Mkg/jaar	0	500
	Stookolie	Mkg/jaar	270	200
	Totaal	Mkg/jaar	1000	1000
			MEUR/jaar	379	366
Productprijzen	Benzine	EUR/kg	0.50	0.50
	Kerosine	EUR/kg	0.46	0.46
	Diesel	EUR/kg	0.42	0.42
	Stookolie	EUR/kg	0.05	0.05

2. Geef een voorbeeld van variabele kosten, die je in een raffinaderij zou kunnen verwachten. Geef ook een voorbeeld van constante kosten die je in een raffinaderij kan verwachten.

Voorbeelden van variabele kosten met betrekking tot het productieproces in een raffinaderij:

.....

Voorbeelden van constante kosten met betrekking tot het productieproces in een raffinaderij:

.....

3. Bereken de terugverdienperiode voor Optie 1 en Optie 2 aan de hand van vraag 3a en 3b. Voor welke optie zou je kiezen (→poster)?

a) Bereken de terugverdienperiode van Optie 1 en Optie 2.
Gebruik hiervoor het Excel bestand.

Vul de ontbrekende gegevens in op sheet 1 en ga uit van een rentepercentage van 0,0%.

De terugverdienperiode van Optie 1 bedraagt: _____

De terugverdienperiode van Optie 2 bedraagt: _____

b) Vul voor het rentepercentage in cel G25 en H25 een volgens jou realistische waarde in voor het rentepercentage.

De terugverdienperiode van Optie 1 bedraagt: _____

De terugverdienperiode van Optie 2 bedraagt: _____

4. Vergelijk beide opties met het op de bank zetten van het investeringsbedrag tegen een rente van 4%.

Maak met behulp van Excel op sheet 3 een berekening van de renteopbrengsten als het investeringsbedrag tegen een rente van 4% op de bank gezet zou worden (houd rekening met het feit dat rente over rente uitgekeerd zal worden).

Maak met behulp van Excel op sheet 3 een berekening van de renteopbrengsten als het investeringsbedrag tegen de door jou gekozen rente van ..% op de bank gezet zou worden (houd rekening met het feit dat rente over rente uitgekeerd zal worden).

5. De overheid van Oman vraagt om een offerte in US\$. Maak een overzichtelijke tabel en gebruik deze voor je poster presentatie (→poster).

Bedenk een manier waarop het valuta risico dat **het bedrijf** loopt ondervangen kan worden.

Antwoord:

.....
.....
.....
.....

.....
.....

12.3. *Op de poster*

- terugverdienperiode van optie 1 en optie 2 (vraag 3)
- offerte voor de olieraffinaderij in US\$ met hierbij een argumentatie voor optie 1 (FCC-unit) of optie 2 (HC-unit) (vergeet niet de chemische uitleg).

14. Werkblad poster

De poster maak je op een A0 vel papier. Je krijgt 2 vellen: een voor klad en een voor net.
Op de poster moet het volgende *minstens* voorkomen:

scheikunde

- Uitleg van het olieraffinageproces
- namen en groepsnummer
- Hoogte van de destillatiekolom van de splitter pentaan/hexaan met hierbij de zuiverheid van de productstromen en een korte uitleg.
- Chemische uitleg bij de gekozen FCC of HC-unit in de olieraffinaderij (keuze maak je op economische gronden; zie §Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.).

natuurkunde

- diameters van de pijpleidingen in inch die je hebt berekend (vraag 2c, 3c, 5d)
- ontwerpschets van de pijpleiding van de opslagtanks naar de supertanker (vraag 6+11)
- de geoptimaliseerde opvoerhoogte h (vraag 11)
- verwerking van je proef, benodigd elektrisch vermogen, (antwoord onderzoeksvraag, verwerking excel).

wiskunde

- Volume van de door jou gekozen opslagtanks (vraag 5 en/of vraag 14)
- Aantal opslagtanks
- Korte uitleg waarom je de betreffende opslagtank kiest

aardrijkskunde

- locatie olieraffinaderij met argumentatie (vraag 15 en 16)
- plattegrond van de tijdelijke stad met argumentatie (vraag 20 en 21)

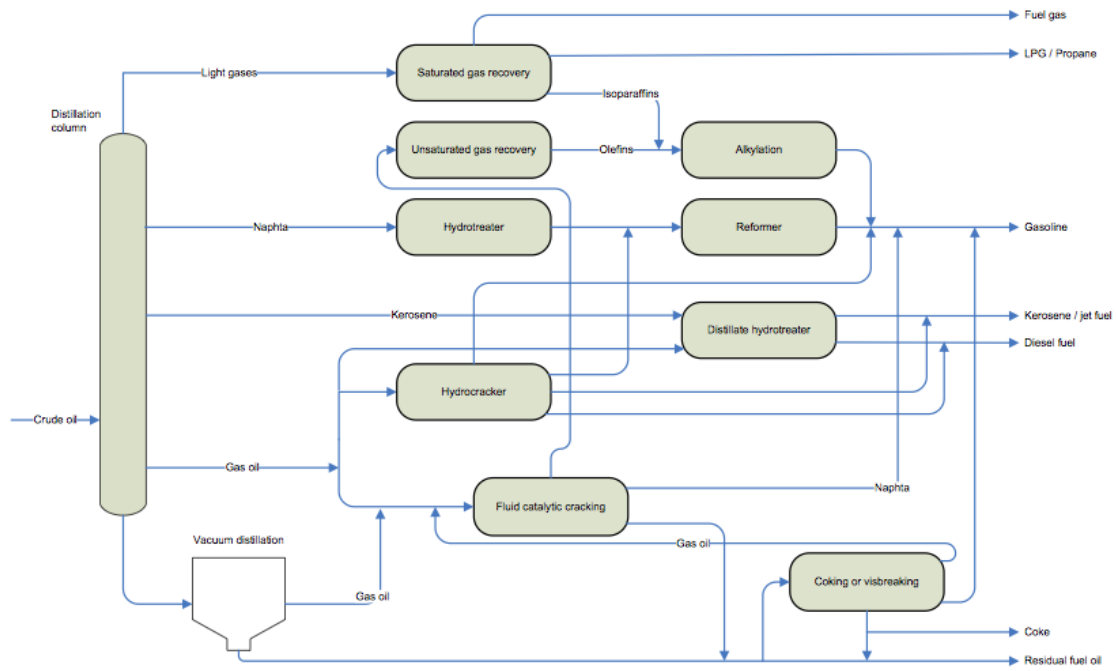
economie

- terugverdienperiode van optie 1 en optie 2 (vraag 3)
- offerte voor de olieraffinaderij in US\$ met hierbij een argumentatie voor optie 1 (FCC-unit) of optie 2 (HC-unit) (vergeet niet de chemische uitleg).

Bijlage 1: Kaart van Oman



Bijlage 2: Schema olieraffinaderij



Bijlage 3: Woordenlijst Engels

Vertaling Nederlandse vaktermen naar het Engels

Nederlands

Aardolie
Alkanen
Alkenen
Benzine
Debiet
Destillatie
Diesel
Investeringskosten
Isomeren
Kerosine
Kraken
Olieraffinage
Opdrachtgever
Opslagtank
Pentaaan/Hexaan scheider
Pijpleiding
Pompkarakteristiek
Rendementsgrafiek
Stookolie
Terugverdientijd
Tijdelijke stad

Engels

Crude oil
Alkanes
Alkenes
Gasoline
Flow
Distillation
Diesel
Investment costs
Isomeres
Kerosene
Crack
Oil refining
Client
Storage tank
C5/C6 Splitter
Pipeline
Pump curve
Efficiency curve
Fuel Oil
Pay out time
Compound

Bijlage 4: Omgeving Fahud met hierop de oliebron

