Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

JET-NET & TECH NET



Lesbrief doe-opdracht Expeditie 7 werelden van techniek

Duik in de wereld van **Ontwerp, Productie & Wereldhandel: PureBlue Water**

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Praktische info doe-opdracht Ontwerp, Productie & Wereldhandel

Doelgroep

- 3-vmbo (bk, g, tl),
- 4-havo,
- 5-vwo

Dit materiaal is met een kleine aanpassing ook voor andere doelgroepen te gebruiken.

Tijdsduur

- 1 lesuur

Begeleiding

- Docent scheikunde, natuurkunde, O&O, T&T of toa

Onderwerp

- Biologische waterzuivering (=biochemie/bioprocestechnologie), ontwerpen van een installatie

Toepassing

- Praktische opdracht bij stoffen en mengsels, groene chemie, of procestechnologie bij scheikunde
- Ontwerpopdracht bij natuurkunde
- Opdracht over het inzetten van bacteriën in duurzame chemische processen

Leerdoelen

Leerlingen duiken in de wereld van Ontwerp, Productie & Wereldhandel. Zij maken kennis met uitdagingen die bij het ontwerpen van producten komen kijken. In dit geval bij het ontwerpen van een waterzuiveringsinstallatiedie bij het realiseren van grote gebouwen komen kijken.

Benodigdheden

- Werkbladen

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Expeditie 7 werelden van techniek

Met deze lesbrief duiken de leerlingen in de wereld van Ontwerp, Productie & Wereldhandel. Dit is één van de 7 werelden van techniek. Deze lesbrief maakt deel uit van 7 lesbrieven – voor iedere wereld één – die bij de Expeditie 7 werelden van techniek van Jet-Net & TechNet horen. Het kan handig zijn om voor deze doe-opdracht de voorbereiding en verkenning van de werelden te doen.



▶ Doe-opdrachten waarmee je de werelden in duikt

De doe-opdrachten zijn ideaal als praktische opdracht. Elke doe-opdracht wordt ingeleid door een korte video van 5-10 minuten. Met deze video krijgen de leerlingen een kijkje in een bedrijf dat actief is in deze wereld. Ze maken kennis met de medewerkers van dit bedrijf en leren wat hun werkzaamheden inhouden. Elke video eindigt met een vraag en leidt vervolgens naar de doe-opdracht. De doe-opdrachten in de lesbrieven houden rekening met de verschillende onderwijsniveaus. Je kunt daarmee zelf kijken hoe complex je de opdracht wil maken, passend bij jouw klas, tijd, lokaal en mogelijkheden. Bij alle doe-opdrachten zit ook een tip voor een thuisopdracht.

TIP **Aan de hand van deze praktische opdracht kun je verder met de theoretische onderbouwing van het onderwerp, of je bouwt de opdracht verder uit tot een groter project van meerdere dagen, misschien wel samen met andere vakken – aan jou de keuze!**

De doe-opdrachten zijn allemaal geschikt om uit te breiden met een (online) gastles, een bedrijfsbezoek, of om op voort te borduren met een profielwerkstuk.

▶ De doe-opdrachten bouwen op in moeilijkheidsgraad:

De achterliggende gedachte van alle drie de doe-opdrachten is hetzelfde. Ze verschillen voornamelijk in complexiteit:

- vmbo-niveau: kennismaken met het concept. Relatief meer doen dan denken.
- havo-niveau: de doe-opdracht wordt groter, complexer, er komt meer berekening bij kijken. Aan de hand van het doen maak je ontwerpkeuzes of ga je iets onderzoeken.
- vwo-niveau: eerst denken, dan checken door te doen. Bij een ontwerp maak je eerst keuzes, die je vervolgens toepast in je ontwerp. Bij een onderzoek krijg je meer variabelen om rekening mee te houden en moeilijkere berekeningen. De doe-opdracht wordt nog wat groter en complexer.

Voor de doe-opdracht in deze lesbrieven kun je dus kiezen hoe uitgebreid je op dit onderwerp in wil gaan.

TIP **Met een vmbo-3 klas die bijvoorbeeld PIE doet, zou je ook (een deel van) de doe-opdracht van de havo kunnen doen. En mocht dat beter passen, dan kun je in je vwo-klas ook prima de doe-opdracht van de havo inzetten. En de vwo-opdracht kan een hele leuke profielwerkstuk-start zijn voor een havo- én een vwo-leerling die dit interessant vinden.**

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De wereld van Ontwerp, Productie & Wereldhandel

In deze wereld bedenken, ontwerpen, maken en verkopen we producten en diensten die de wereldeconomie draaiende houden. Om alles op te slaan en te vervoeren zijn magazijnen, vliegvelden en havens nodig. In de wereld van Ontwerp, Productie & Wereldhandel vertrouwt men hiervoor op techniek. Op deze manier wordt er in deze wereld bijgedragen aan de handel over de hele wereld.

Het bedrijf: PureBlue Water

PureBlue Water is een bedrijf dat installaties ontwerpt om afvalwater te behandelen tot schoon water door te filteren, te desinfecteren of te zuiveren. Zij bouwen hun ontwerpen ook zelf. Na installatie monitoren zij de installaties, om steeds de beste waterkwaliteit te kunnen garanderen.
Bij het zuiveren en behandelen van water focussen zij ook op waterhergebruik, vermindering van water-, energie- en chemicaliënconsumptie, het terugwinnen van grondstoffen en kringloopsluiting als centrale elementen bij het bereiken van hun missie.

Het project: Waterzuiveringsinstallaties voor cruiseschepen

Wereldwijd genieten miljoenen passagiers van luxueuze vakanties aan boord van cruises. Ook in Europa is de riviercruisemarkt een booming business.

Het is uitermate belangrijk dat dit toerisme kan blijven floreren met respect voor onze binnenwateren, omdat deze wateren vaak bronnen zijn voor de winning van drinkwater. Om de impact op het milieu te verminderen worden op nationaal en internationaal niveau reguleringen voor de sector uitgewerkt. Hierdoor moeten passagiersschepen zich aan allerlei regels houden voor hun afvalstromen.

PureBlue ontwerpt onder andere waterzuiveringsinstallaties voor cruise schepen. Hierbij moeten ze rekening houden met de beperkte ruimte op de schepen en met geluidsoverlast voor passagiers. Maar ondertussen moeten zij grote hoeveelheden water zuiveren om te voldoen aan de strenge wetten waar lozingswater aan moet voldoen.



PureBlue maakt hierbij gebruik van ‘moving bed bioreactor’ (MBBR) technologie. Hierbij laat je bacteriën groeien op een dragermateriaal (plastic schijfjes). Deze bacteriën verwijderen afvalstoffen (zoals koolstof en stikstof). Doordat de bacteriën op het dragermateriaal vast zitten, kun je het schone water makkelijk van de bacteriën scheiden.

De opdracht: kies of ontwerp een waterzuiveringssysteem

Het afvalwater van een cruiseschip moet schoon genoeg zijn om geloosd te mogen worden op open water (bijvoorbeeld een rivier of een zee). Dat betekent dat het afvalwater van zo’n 200 badkamers en wc’s, de keuken en de wasserij gezuiverd moet worden.

Een cruiseschip lijkt misschien groot, maar alle ruimte is nodig. Een waterzuiveringsinstallatie mag dus ook niet te groot zijn. Maar het moet wel 35m^3 water per dag kunnen zuiveren.

In deze doe-opdracht kiezen (vmbo) of ontwerpen (havo/vwo) leerlingen een waterzuiveringssysteem aan de hand van eisen van de klant.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De les

Tijd	Onderdeel
5’	▶ Introductie door de docent
10’	▶ Bekijk de introductievideo
25’	▶ Uitvoering
10’	▶ Evaluatie



▶ Introductie door de docent

- Maak zo mogelijk een link naar voorgaande lessen
- Licht de wereld ‘Ontwerp, Productie & Wereldhandel’ toe
- Vertel de globale opzet van de doe-opdracht (video + opdracht)



▶ Bekijk de introductievideo

Bekijk samen de introductievideo van PureBlue Water in de wereld Ontwerp, Productie & Wereldhandel van de Expeditie 7 werelden.

vmbo havo vwo

Aan het einde van de video geven medewerkers van PureBlue een doe-opdracht aan de leerlingen. Een medewerker op mbo-niveau licht de doe-opdracht voor vmbo-leerlingen toe. Een medewerker op hbo-niveau voor havo-leerlingen en een medewerker op wo-niveau de doe-opdracht voor vwo-leerlingen.



▶ Uitvoering

In deze doe-opdracht kiezen (vmbo) of ontwerpen (havo/vwo) leerlingen een waterzuiveringssysteem aan de hand van eisen van de klant. Leerlingen maken zo kennis met het ontwerpproces.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Doe-opdracht 1 **vmbo**

Past bij eindtermen

NaSk-1

- NASK1/K/1 Oriëntatie op leren en werken
- NASK1/K/2 Basisvaardigheden
- NASK1/K/3 Leervaardigheden in het vak natuurkunde
- NASK1/V/3 Verwerven, verwerken en verstrekken van informatie
- NASK1/V/4 Vaardigheden in samenhang

NaSk-2

- Zie NaSk-1 en:
- NASK2/K/4 Mens en omgeving: gebruik van stoffen



De doe-opdrachten voor de leerlingen staan uitgeschreven in de bijlagen.

Doe-opdracht 2 **havo**

Past bij eindtermen

Scheikunde

- Diverse onderdelen van Domein A – vaardigheden
- met name Subdomein A4: Studie en beroep
- Subdomein C5: Technologische aspecten
- Subdomein D3: Chemische procesontwerpen
- Domein E: Innovatieve ontwikkelingen in de chemie
- Domein G: Maatschappij en chemische technologie

Natuurkunde

- Diverse onderdelen van Domein A – vaardigheden
  met name subdomein A4: Studie en beroep
- Domein I: Onderzoek en ontwerp



▶ Kies een zuiveringssysteem aan de hand van de eisen van de klant.

Leerlingen kiezen aan de hand van een lijst van eisen van de klant en de specificaties van de waterzuiveringsinstallaties welke waterzuiveringsinstallatie zij zouden kiezen voor de klant.
Hierbij moeten leerlingen afwegingen maken tussen eisen en wensen van de klant.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Doe-opdracht 3 **vwo**

Past bij eindtermen

Scheikunde

- Diverse onderdelen van Domein A – vaardigheden met name subdomein A4: Studie en beroep
- Domein E: Innovatie en chemisch onderzoek
- Subdomein E5: Onderzoek en ontwerp
- Domein F: Industriële (chemische) processen
- Domein G: Maatschappij, chemie en technologie
- Subdomein G5: Bedrijfsprocessen

Natuurkunde

- Diverse onderdelen van Domein A – vaardigheden met name subdomein A4: Studie en beroep
- Domein I: Onderzoek en ontwerp



▶ Ontwerp een zuiveringssysteem aan de hand van de eisen van de klant

Zelfde start-opdracht als bij de havo: leerlingen ontwerpen aan de hand van een lijst van eisen van de klant en de specificaties van onderdelen van de waterzuiveringsinstallaties een installatie die voldoet aan de eisen van de klant.

Daarnaast onderbouwen zij hun keuze en doen een voorstel voor een ontwerp voor de onderdelen die nog niet voldoen aan de eisen.

Thuis-opdracht

Voor deze doe-opdracht zijn geen speciale spullen nodig. Leerlingen kunnen de opdracht dus ook vanuit huis uitvoeren.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.



▶ Evaluatie

Bespreek met de leerlingen

- Wat vonden zij interessant aan het filmpje en aan de doe-opdracht?
- Hoe zouden zij de handelingen uit deze doe-opdracht nodig kunnen hebben in hun toekomstige beroep?
- Wat vinden de leerlingen interessant aan de wereld 'Ontwerp, Productie & Wereldhandel'?
- Welke onderwerpen uit het boek zien zij bij deze doe-opdracht terugkomen?

Verdieping en verbreding

De doe-opdracht kun je goed koppelen aan een bedrijfsbezoek aan of gastles van een ander ontwerp-, productie- of handelsbedrijf. Kijk voor bedrijven op www.jet-netloket.nl

Meer informatie, om de doe-opdracht verder toe te lichten, uit te breiden of als start voor een groter (profiel)werkstuk vind je hieronder:

- Leerlingen kunnen zelf een MBBR-reactor namaken in het klein en testen welke verontreiniging zij kunnen verwijderen. Neem voor meer informatie contact op met Dhr. de Mul van PureBlue.
- PureBlue maakt gebruik van 'moving bed bioreactors'. In deze animatie zie je hoe deze stap voor stap water zuiveren. En hier is een video van een MBBR reactor in bedrijf.
- Video over hoe schepen hun afvalwater zuiveren.
  Deze video duurt 6 minuten en is in (vwo) Engels, maar is écht de moeite waard!
- Algemene informatie over het zuiveren van water
- Wil je meer werkvormen om 'iets met bedrijven' in de klas te doen?
  Kijk dan op www.bedrijfindeklas.nl/lesmateriaal/verbreding.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Bijlage 1: **Werkblad vmbo**

PureBlue Water ontwerpt installaties om water te filteren. Van een klant krijgen zij een opdracht om voor een bepaald soort cruiseschepen een waterzuiveringsinstallatie te leveren.

Bekijk hier de introductievideo





Een waterzuiveringsinstallatie moet aan de volgende eisen voldoen:

- De installatie moet 35 m^3 water per dag kunnen zuiveren
- De installatie moet snel en makkelijk gebouwd kunnen worden
- De installatie is maximaal 1,9 meter hoog en het vloeroppervlak moet zo klein mogelijk zijn.
- De installatie mag maximaal 65 dB aan geluid maken tijdens het zuiveren
- De uitgaande waterkwaliteit moet voldoen aan de wetgeving volgens de Estrin: Het water mag na reiniging nog 125 mg/l CZVaan verontreiniging bevatten
- Het systeem moet een druk van 125 Pa kunnen hebben
- Het maximale energieverbruik is 30 kW
- De prijs is maximaal 200.000 euro

PureBlue Water heeft drie waterzuiveringsinstallaties voor cruiseschepen. In onderstaande tabel staan de specificaties van deze installaties.

	Installatie A	Installatie B	Installatie C
Aantal liter per uur	1.200	1.750	1.600
Afmetingen (lxbxh)	9 x 3 x 2,2	6 x 3 x 1,9	7 x 3 x 1,75
Geluidsniveau in gebruik (dB)	65	65	65
Zuivert tot concentratie CZV (mg/l)	150	80	10
Bouwtijd	12	16	16
Automatiseringsgraad	+	+++	++
Onderhoudskosten €	10.000	20.000	40.000
Prijs €	150.000	200.000	250.000

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Kies met behulp van de eisen van de klant de beste waterzuiveringsinstallatie van PureBlue voor op deze cruiseschepen:

1. **Ga van iedere eis na bij welke installatie dit klopt.**
2. **Maak de velden waar de eigenschappen van de installatie kloppen met de eisen van de klant groen. Maak de velden die niet voldoen aan de eisen rood.**
3. **Welke installatie voldoet aan de meeste eisen?**
4. **Welk advies zou jij aan de klant geven?**

Ik adviseer waterzuiveringsinstallatie

Omdat

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

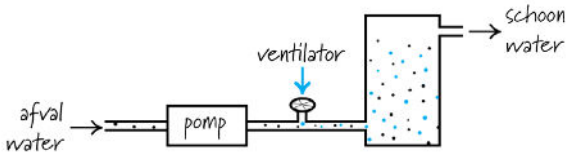
Bijlage 2: **Werkblad havo**

PureBlue Water ontwerpt installaties om water te filteren. Zij maken hierbij gebruik van een 'moving bed reactor'. Daarbij zitten bacteriën op kleine schijfjes. Deze bacteriën 'eten' het vuil op.

Van een klant krijgen zij een opdracht om voor een bepaald soort cruiseschepen een waterzuiveringsinstallatie te ontwerpen.



Bekijk hier de introductievideo





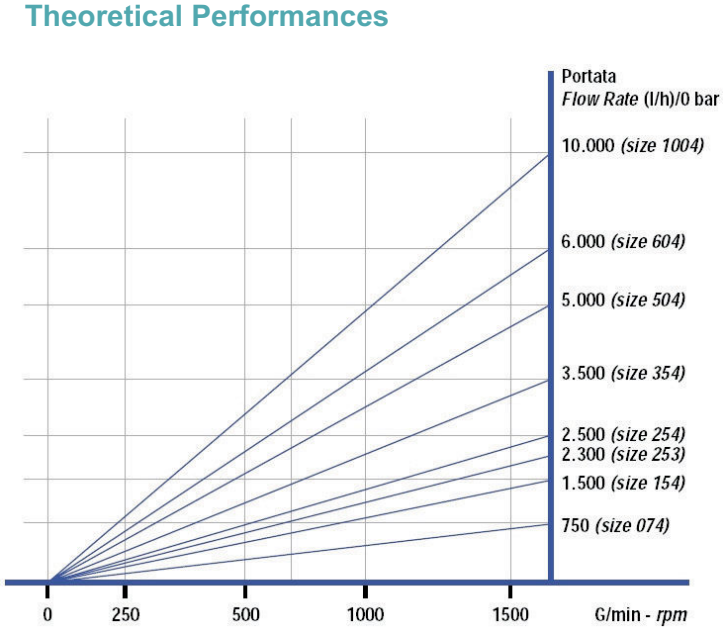
De pomp moet 35 m^3 water per dag kunnen zuiveren.

1. Hoeveel is dat gemiddeld in l/uur?

Hieronder zie je de specificaties voor de capaciteit van verschillende pompen waaruit PureBlue kan kiezen.

- Het aantal liter water per uur verandert in de loop van de dag. Als er bijvoorbeeld meer mensen douchen, is er ook meer afvalwater dus meer reinigingscapacteit nodig.
  Ook als het druk is, moet de pomp het water kunnen verwerken.
  Ga daarom uit van 50% extra water bij piekdrukte.
- De pomp draait op 500 toeren per minuut.

2. Zoek in de grafiek op met behulp van je antwoord bij 1 welke pomp PureBlue kan kiezen om te voldoen aan deze eisen.



3. PureBlue wil niet het risico lopen dat hun pomp onvoldoende capaciteit heeft, maar hoe hoger de Flow Rate van een pomp, hoe duurder hij is. Welke pomp zou jij adviseren?

Met voldoende zuurstof kunnen de bacteriën in de waterzuiveringsinstallatie het vuil verteren door

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

middel van aerobe dissimilatie. Voeg je minder zuurstof toe, dan gaan de bacteriën over op anaerobe dissimilatie. Hierbij verteren ze weer andere afvalstoffen, zoals nitraten.
Om te zorgen dat het water helemaal gezuiverd kan worden, is een combinatie van aerobe en anaerobe dissimilatie nodig. Daarvoor is voldoende luchtinlaat nodig. In de tabel hieronder zie je bij hoeveel m^3 lucht per minuut de bacteriën in de installatie het vuil kunnen verteren door middel van aerobe of anaerobe dissimilatie.

	Capaciteit (m^3/min)
anaeroob	< 4,4
combinatie	4,4 - 6,5
aeroob	6,5 - 9

4. Hoeveel m^3 lucht is per minuut nodig om alle afvalstoffen af te breken?

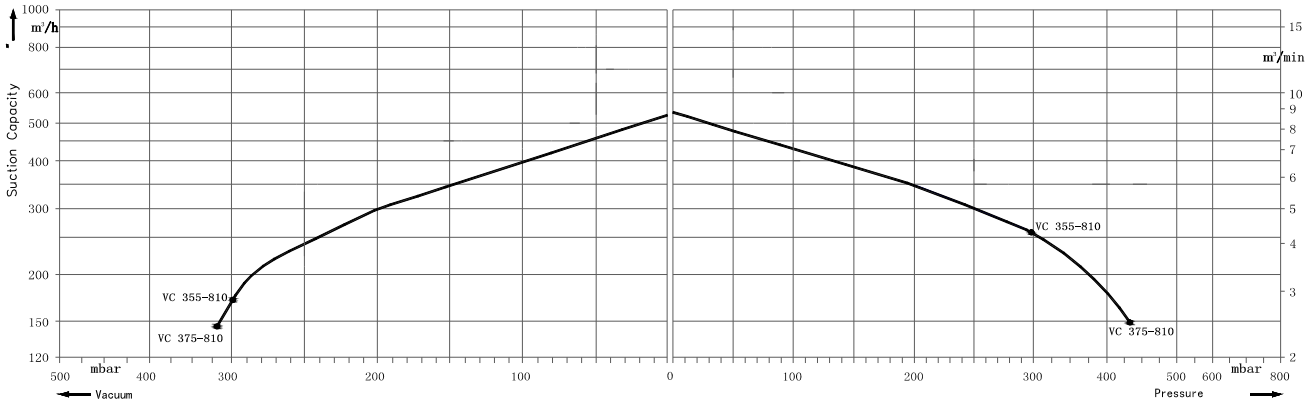
Een ventilator brengt lucht in de zuiveringsinstallatie. Hoe hoger de druk in de zuiveringsinstallatie, hoe minder lucht binnenkomt.

5. Geef met behulp van je antwoord bij 4 en de specificaties van de ventilator hieronder aan hoeveel druk deze ventilator minimaal en maximaal moet hebben om een combinatie van aerobe en anaerobe dissimilatie te laten plaatsvinden.

6. Deze druk hangt af van de hoogte van de waterkolom.

Hoe hoog moet het water in de installatie minimaal zijn om te zorgen voor deze druk?

Specificaties van een ventilator



Curves zijn geldig voor droge lucht, met een temperatuur van 15°C aan de inlaat en een druk van 1013 mbar(a) aan de inlaat of uitlaat aansluiting (voor respectievelijk over- of onderdruk toepassing). De tolerantie op capaciteit bedraagt +/- 10%.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Bijlage 3: **Werkblad vwo**

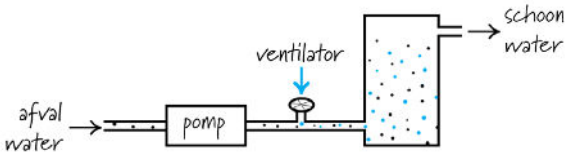
PureBlue Water ontwerpt installaties om water te filteren. Zij maken hierbij gebruik van een 'moving bed reactor'. Daarbij zitten bacteriën op kleine schijfjes. Deze bacteriën 'eten' het vuil op.



Bekijk hier de introductievideo

Van een klant krijgen zij een opdracht om voor een bepaald soort cruiseschepen een waterzuiveringsinstallatie te ontwerpen.

Een waterzuiveringsinstallatie van PureBlue bevat onder andere de volgende onderdelen:





De pomp moet 35 m^3 water per dag kunnen zuiveren. Het aantal liter water per uur verandert echter in de loop van de dag. Als er bijvoorbeeld meer mensen douchen, is er ook meer afvalwater dus meer reinigingscapacteit nodig.

De pomp draait op 500 toeren per minuut. Om te voorkomen dat hun pomp onvoldoende capaciteit neemt, gaat PureBlue voor een veilige keuze. Hoe hoger de flow rate van een pomp echter is, hoe duurder.

1. **Welke pomp zou jij adviseren?**
   Onderbouw je advies met de gegevens hierboven en de grafieken 'flow aanvoer' en 'theoretical performance' op de grafieken-bijlage.

2. **PureBlue wil niet het risico lopen dat hun pomp onvoldoende capaciteit heeft, maar hoe hoger de Flow Rate van een pomp, hoe duurder hij is. Welke pomp zou jij adviseren?**

Met voldoende zuurstof kunnen de bacteriën in de waterzuiveringsinstallatie het vuil verteren door middel van aerobe dissimilatie. Voeg je minder zuurstof toe, dan gaan de bacteriën over op anaerobe dissimilatie. Hierbij verteren ze weer andere afvalstoffen, zoals nitraten.

Om te zorgen dat het water helemaal gezuiverd kan worden, is een combinatie van aerobe en anaerobe dissimilatie nodig. Daarvoor is voldoende luchtinlaat nodig.
In de tabel hieronder zie je bij hoeveel m^3 lucht per minuut de bacteriën in de installatie overschakelen op aerobe of anaerobe dissimilatie.

	Capaciteit (m^3/min)
anaeroob	< 4,4
combinatie	4,4 - 6,5
aeroob	6,5 - 9

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Een ventilator brengt lucht in de zuiveringsinstallatie. Hoe hoger de druk in de zuiveringsinstallatie, hoe minder lucht binnenkomt.

3. **Hoeveel druk moet de ventilator (zie specificaties in de bijlage) minimaal en maximaal hebben om een combinatie van aerobe en anaerobe dissimilatie te laten plaatsvinden?**

4. **Deze druk hangt af van de hoogte van de waterkolom.**
   Hoe hoog moet het water in de installatie minimaal zijn om deze druk en dus de juiste zuivering van het water te waarborgen?

PureBlue monitort de waterzuiveringsinstallatie op afstand. Hiermee verzamelen zij data over hoe de hoeveelheid afvalwater op een dag fluctueert. Het resultaat van die metingen staat in de grafiek 'flow aanvoer'.

De pomp die PureBlue gebruikt, heeft een toerenregeling. Daarmee stemmen zij de benodigde capaciteit van de pomp continu af op het gewenste debiet. Dit vraagt minder vermogen en bespaart dus elektriciteit.

5. **Geef in de grafiek van de flow-aanvoer aan hoe jij het vermogen van de pomp zou inregelen om zo weinig mogelijk energie te verbruiken, maar wel altijd voldoende capaciteit te kunnen garanderen om het water te zuiveren.**

Extra uitdaging

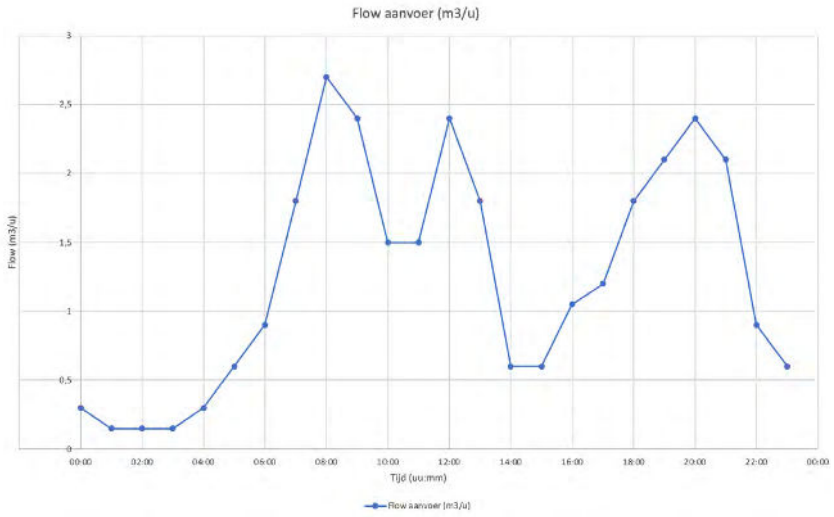
- Zet met behulp van het maximale vermogen van de pompen de juiste schaalverdeling voor het vermogen van de pomp bij de grafiek die je in opdracht 5 hebt getekend
- Bereken (of benader) hoeveel procent energie je bespaart door het vermogen van de pomp aan te passen op de aanvoer van afvalwater.
- Bij de gegevens van de pompen staat 'theoretical performance'. Dat betekent dat ze de flowrate hebben gemeten direct bij de pomp-uitgang. De werkelijke performance zal altijd lager liggen. Waar zou dit door kunnen komen?
- Bij de specificaties van de ventilator maken ze onderscheid tussen een 'vacuum' en een 'pressure' kant. Leg de verschillen tussen beide grafieken uit.
- Ook bij de ventilator zal de capaciteit lager liggen dan in deze grafiek staat aangegeven. Leg dat uit en geef aan hoe de grafiek zal lopen als je de capaciteit in de installatie meet.

▶ Ontwerp een zuiveringssysteem aan de hand van de eisen van de klant.

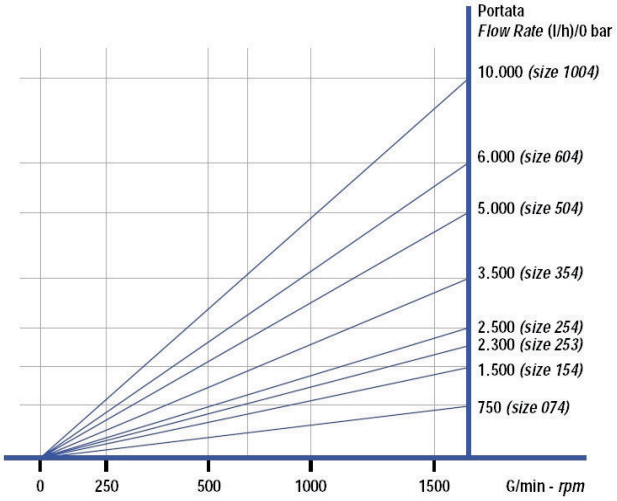
Leerlingen ontwerpen aan de hand van een lijst van eisen van de klant en de specificaties van onderdelen van de waterzuiveringsinstallaties een installatie die voldoet aan de eisen van de klant.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Bijlage 4: **Grafieken bij opdracht vwo**



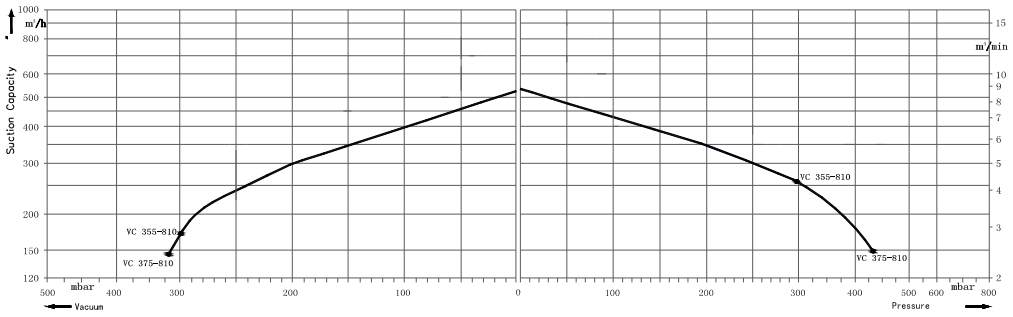
Gemiddelde aanvoer van afvalwater op een dag op een cruiseschip



Theoretische prestatie van verschillende modellen pompen

Type	Max. l/h	Vermogen (kW)
size 074	750	0,20
size 154	1500	0,40
size 253	2300	0,61
size 254	2500	0,67
size 354	3500	0,93
size 504	5000	1,33
size 604	6000	1,60

Maximale vermogen van de pompen



Curves zijn geldig voor droge lucht, met een temperatuur van 15°C aan de inlaat en een druk van 1013 mbar(a) aan de inlaat of uitlaat aansluiting (voor respectievelijk over- of onderdruk toepassing). De tolerantie op capaciteit bedraagt +/- 10%.

Specificaties van een ventilator

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Bijlage 5: **Antwoorden op de opdrachten**

	Installatie A	Installatie B	Installatie C
Aantal liter per uur	1.200	1.750	1.600
Afmetingen (lxbxh)	9 x 3 x 2,2	6 x 3 x 1,9	7 x 3 x 1,75
Geluidsniveau in gebruik (dB)	65	65	65
Zuivert tot concentratie CZV (mg/l)	150	80	10
Bouwtijd	12	16	16
Automatiseringsgraad	+	+++	++
Onderhoudskosten €	10.000	20.000	40.000
Prijs €	150.000	200.000	250.000

▶ Werkblad havo

1. **(35/24) x 1000 = 1458 l/uur**
2. **1458 x 1,5 = 2188 liter/uur dus size 253**
3. **Size 254. Is niet heel veel hoger, maar geeft wel net meer zekerheid.**
4. **4,4 – 6,5 m3**
5. **150 – 300 mbar**
6. **1,53 meter**

▶ Werkblad vwo

1. **Maximaal 2,7 m^3/uur**
   Size 354. Is hoog genoeg bij piek, en levert nog steeds voldoende zekerheid.
2. **Size 354. Is hoog genoeg bij piek, en levert nog steeds voldoende zekerheid.**
3. **150 – 300 mbar**
4. **1,53 meter**
5. **Grafiek: steeds iets eerder vermogen bijschakelen en iets later afschakelen. De grafiek wordt dus iets 'breder' om afwijkingen op te vangen.**

▶ Extra uitdaging

- Vermogen is lineair met rendement, dus bij 3,5 m^3/uur 0,93 kW, gelijke schaal omlaag
- Hoeveel energie je bespaart ligt aan de grafiek die je bij 5 hebt getekend.
- De verlaging van de performance / capaciteit komt door extra weerstand in leidingen en systemen ná de pomp- of ventilatoruitgang
  Bij de pomp zullen alle lijnen minder stijl lopen.
  Bij de ventilator zullen de curves meer naar het midden trekken.
- Dan draait de ventilator de ene of de andere kant op. Bij de ene zuigt hij lucht aan, bij de ander blaast hij lucht uit.
  De maximale druk in vacuum is lager omdat de tegendruk(of 'trek') daar veel sneller hoger wordt.

Dit document is gedownload door () op November 9, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Meer informatie
Jet-Net & TechNet bundelt alle activiteiten van Platform Talent voor Technologie rondom het primair en voortgezet onderwijs en het bedrijfsleven.

Meer weten over de 7 werelden van techniek en de kansen die dit biedt voor jouw onderwijs? Neem contact op met Jet-Net & TechNet via: info@jet-net.nl of 085 - 064 3050

Breng samen met
Jet-Net & TechNet
technologie tot leven!
www.jet-net.nl/expeditie

onderdeel van Platform **Talent** voor **Technologie**

November 2020