

Praktische Opdracht Statistiek voor Wiskunde A in 5 havo / 5 VWO

Voor 5 havo en 5 vwo wiskunde A is een praktische opdracht geschreven waarin alle onderdelen van het statistiekprogramma aan bod komen. Voor deze praktische opdracht is in 2021 door Tata Steel een dataset beschikbaar gesteld. Deze dataset kan gebruikt worden met VuStat en met Excel. De dataset bevat waarnemingen aan de Hlsarna installatie van Tata Steel in IJmuiden.

De context van deze praktische opdracht is verwoord op de volgende bladzijden. De opdrachten staan na de introductie van Tata Steel, de Hlsarna-proefinstallatie en het productieproces.

Excel of VuStat

Het is aan de docent om te bepalen of leerlingen Excel dan wel VuStat mogen gebruiken. Beide vragen om een korte uitleg en enige oefening. Bij Excel is het belangrijk om te oefenen met draaitabellen en draaigrafieken. Met oudere versies van Excel kun je geen boxplots maken. Het is aan de docent om aan te geven hoe grafieken getekend worden: met potlood op papier, met Excel of met andere software. Splitsen van een dataset kan in Excel ingewikkeld zijn. Om dat te ondervangen, heeft het Excel bestand verschillende tabbladen voor de verschillende opsplitsingen.

De uitgevers van Moderne Wiskunde en Getal&Ruimte hebben op hun website handige filmpjes geplaatst hoe je statistiek met Excel kunt doen.

Formuleblad

Leerlingen uit 5 havo krijgen op het centraal examen een formuleblad. Op dat blad staan de meest voorkomende formules. Ook staat er hoe je de uitkomst van een formule moet interpreteren, bijvoorbeeld of het verschil tussen twee boxplots, klein, middelmatig of groot is.

Deze vorm van statistiek is voor vwo leerlingen geen onderdeel van het centraal examen. Wanneer je nog niet geoefend hebt met het formuleblad, dan is het raadzaam om deze eerst goed te bestuderen.

2x2 kruistabel $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$, met $\phi = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(a+c)(b+d)(c+d)}}$

- als $\phi < -0,4$ of $\phi > 0,4$, dan zeggen we "het verschil is groot",
- als $-0,4 \leq \phi < -0,2$ of $0,2 < \phi \leq 0,4$, dan zeggen we "het verschil is middelmatig",
- als $-0,2 \leq \phi \leq 0,2$, dan zeggen we "het verschil is gering".

Maximaal verschil in cumulatief percentage ($\max V_{cp}$) (met steekproefomvang $n > 100$)

- als $\max V_{cp} > 40$, dan zeggen we "het verschil is groot",
- als $20 < \max V_{cp} \leq 40$, dan zeggen we "het verschil is middelmatig",
- als $\max V_{cp} \leq 20$, dan zeggen we "het verschil is gering".

Effectgrootte $E = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\frac{1}{2}(S_1 + S_2)}$, met \bar{X}_1 en \bar{X}_2 de steekproefgemiddelden

($\bar{X}_1 \geq \bar{X}_2$), S_1 en S_2 de steekproefstandaardafwijkingen

- als $E > 0,8$, dan zeggen we "het verschil is groot",
- als $0,4 < E \leq 0,8$, dan zeggen we "het verschil is middelmatig",
- als $E \leq 0,4$, dan zeggen we "het verschil is gering".

Twee boxplots vergelijken

- als de boxen¹⁾ elkaar niet overlappen, dan zeggen we "het verschil is groot",
- als de boxen elkaar wel overlappen en een mediaan van een boxplot buiten de box van de andere boxplot ligt, dan zeggen we "het verschil is middelmatig",
- in alle andere gevallen zeggen we "het verschil is gering".

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de populatieproportie is

$p \pm 2 \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$, met p de steekproefproportie en n de steekproefomvang.

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het populatiegemiddelde is

$\bar{X} \pm 2 \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$, met \bar{X} het steekproefgemiddelde, n de steekproefomvang en

S de steekproefstandaardafwijking.

Tata Steel en de Hlsarna-proefinstallatie

Tata Steel is een van de grootste staalproducenten van Europa. Het bedrijf levert staal aan onder andere de automobielsector, verpakkingsector en de bouw. Tata Steel heeft de ambitie om staal te maken dat in alle opzichten duurzaam is. Een van de technologieën om de staalsector te verduurzamen is Hlsarna. Om de productieprocessen in de gaten te houden en te verbeteren probeert Tata Steel zoveel mogelijk gegevens te verzamelen.

De geschiedenis van Tata Steel in Nederland begint in 1918. In dat jaar wordt het staalbedrijf in IJmuiden opgericht als Koninklijke Nederlandse Hoogovens en Staalfabrieken NV. In 1999 fuseerde het bedrijf met British Steel en gaat het verder onder de naam Corus. Sinds 2007 maakt het staalbedrijf deel uit van Tata Steel. In 2018 vierde de Tata Group haar 150-jarig bestaan. Begonnen als een handelsfirma in India, is Tata Steel uitgegroeid tot een wereldspeler met bedrijven in meer dan 100 landen en een werkgever voor ruim 600.000 mensen.

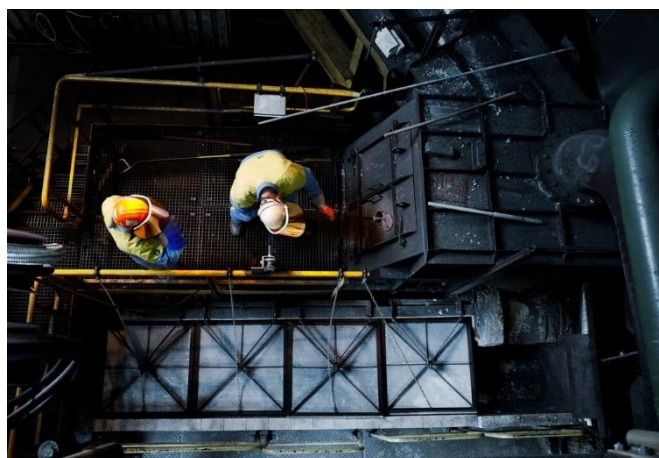


De staalfabriek bij Tata Steel in IJmuiden

De ambitie van Tata Steel in Nederland is om in 2050 staal te maken dat CO₂ neutraal is. Hoogwaardig staal dat sterker is, langer meegaat en geproduceerd wordt met minder grondstoffen. Daarvoor zet Tata Steel verschillende technologieën in, waaronder de in IJmuiden ontwikkelde technologie Hlsarna. Deze technologie kan een revolutie teweegbrengen in de manier waarop staal gemaakt wordt.

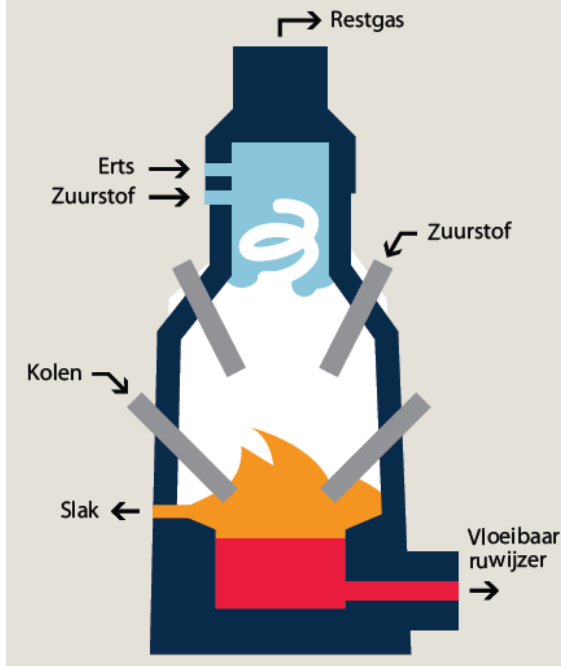
Bij de Hlsarna technologie worden traditionele 'hoogoven' stappen overgeslagen, waaronder het voorbereiden van kolen en erts. Het overslaan van deze productiestappen draagt bij aan het verlagen van de uitstoot van CO₂, van stikstofoxiden, zwaveloxiden en fijnstof.

Sinds 2018 is de Hlsarna proeffabriek onderdeel geworden van de productieketen in IJmuiden. Hlsarna maakt per jaar 60.000 ton vloeibaar ruwijzer, terwijl de bestaande hoogoven 10.000 ton per dag produceert. De volgende fase is dan ook het ontwerpen, bouwen en testen van een proeffabriek op grotere schaal. Deze stap is noodzakelijk om te bewijzen dat de technologie volwassen is. Als het testen op industriële schaal een succes blijkt, dan duurt het vijf tot tien jaar voordat de nieuwe fabrieken de oude kunnen vervangen: dat net zo veel staal produceren, maar tegen een lagere prijs, met minder energie en met veel minder uitstoot.



De Hlsarna-proefinstallatie bij Tata Steel in IJmuiden

Hoe werkt Hlsarna?



Hlsarna bestaat uit een reactor, waarin op alle plekken de temperatuur boven het smeltpunt van ijzer is, zodat het geïnjecteerde ijzererts direct smelt en wordt omgezet in vloeibaar ruwijzer.

De procesgassen in het smeltvat hebben een hoge temperatuur. Bovenin de reactor is de smeltcycloon. Daar worden ijzererts en zuurstof geïnjecteerd. Die zuurstof reageert met het aanwezige koolmonoxide tot CO_2 . Daar komt warmte bij vrij en dus wordt de temperatuur verder verhoogd. Daardoor ontstaat er turbulentie in de cycloon. Het hete gas doet het ijzererts smelten. Dat druppelt vervolgens naar de bodem van het vat. Dat is waar de kolen in poedervorm worden geïnjecteerd, die ervoor zorgt dat het zuurstof in het ijzererts (ijzeroxide) zich aan de koolstof bindt, waardoor puur vloeibaar ruwijzer ontstaat, dat vervolgens kan worden afgetapt.

Bovenop het vloeibaar ijzer drijft slak. Dat is het bijproduct en bevat allerlei oxiden, bijvoorbeeld siliciumoxide, calciumoxide, magnesiumoxide of aluminiumoxide.

In de opdrachten wordt verwezen naar verschillende meetpunten waar de temperatuur in de cycloon gemeten wordt. Ook zijn er vragen die betrekking hebben op de chemische samenstelling. In de dataset staat onder meer informatie over die oxiden.

Opdrachten over CO_2 reductie zijn niet opgenomen omdat deze reductie vooral zit in de voorafgaande productieprocessen. In de brochure kun je lezen hoe het precies zit.

Meer informatie over TataSteel en het Hlsarna proces staat op internet:

- https://en.wikipedia.org/wiki/Hlsarna_ironmaking_process
- <https://www.tatasteeleurope.com/ts/nl/duurzaamheid/co2-neutrale-staalproductie>
- <https://www.tatasteeleurope.com/ts/sites/default/files/Tata%20Steel%20in%20Europ e%20Fact%20Sheet%20Hlsarna%202020%20%28Dutch%29.pdf>
- <https://www.tatasteeljobs.nl/over-tata-steel/historie.html>

Bestandsbeschrijving

In de dataset staan gegevens van onafhankelijke waarnemingen. Tijdens iedere waarneming is het nodige vastgelegd. De bestandsbeschrijving geeft een korte toelichting.

Omdat veel informatie onder het bedrijfsgeheim van Tata Steel valt zijn alle waarnemingen over de chemische samenstelling gecodeerd, genormeerd en geschaald. Een waarde van 50 bij aluminium betekent dus niet dat het erts voor de helft uit aluminium bestaat en ook niet dat het dat er 0,5% aluminium in het erts zit. Op alle waarnemingsgetallen zijn bepaalde wiskundige transformaties losgelaten waardoor de getallen geen absolute getallen zijn, maar de onderlinge verhoudingen wel bewaard zijn. Daardoor blijven bedrijfsgeheimen geheim maar is statistische analyse goed mogelijk. Vergelijk het maar met rekenen in grammen of in kilo's, je kunt nog altijd gemiddeldes berekenen en met elkaar vergelijken en de conclusies blijven gelijk.

productie_modus	0 = injecteren ijzererts 1 = niet-injecteren ijzererts
warmte_smeltcyloon	temperatuur in de smeltcyloon in °C
warmte_schoorsteen	temperatuur in de schoorsteen in °C
warmte_reductievat	temperatuur in het reductievat in °C
warmte_slak	temperatuur van de slak in °C
warmte_kolen	temperatuur aan het uiteinde van de kolentoevoer in °C
warmte_erts	temperatuur aan het uiteinde van de ertstoevoer in °C
warmte_restgas	temperatuur van het restgas in °C
koolstof	aandeel koolstof
koper	aandeel koper in de categorieën A t/m L
mangaan	aandeel mangaan
molybdeen	aandeel molybdeen in de categorieën L en M
nikkel	aanwezigheid nikkel: 0 = niet , 1 = wel
fosfor	aandeel fosfor
silicium	aandeel silicium
titanium	aandeel titanium
vanadium	aandeel vanadium
aluminium	aandeel aluminium
calcium	aandeel calcium
chroom	aandeel chroom
ijzer	aandeel ijzer
kaliumoxide	aandeel kaliumoxide in het slak
magnesiumoxide	aandeel magnesiumoxide in het slak
mangaanoxide	aandeel mangaanoxide in het slak
natriumoxide	aandeel natriumoxide in het slak
fosforoxide	aandeel fosforoxide in het slak
siliciumoxide	aandeel siliciumoxide in het slak
titaniumoxide	aandeel titaniumoxide in het slak
vanadiumoxide	aandeel vanadiumoxide in het slak
ijzererts_proef	0 = injecteren 1 = niet-injecteren instabiel experiment A 2 = niet-injecteren instabiel experiment B 3 = niet-injecteren stabiel experiment A 4 = niet-injecteren stabiel experiment B

Instapopdrachten

De praktische opdracht over Tata Steel bestaat uit twee delen. Bij het beantwoorden van de verschillende vragen maken jullie gebruik van Excel of VUStat. Elke keer dat jullie een statistische representatie maken moet je die in je antwoorddocument plakken. Dit kan bijvoorbeeld met een schermprint. Lees het nakijkmodel en het onderdeel over wat punten oplevert.

Opdracht 1: Dataset

Controleer of je dataset ongeveer 850 waarnemingen heeft
Lees de bestandsbeschrijving aandachtig door.
Hoeveel statistische variabelen zitten in deze dataset?

Opdracht 2: Hoge temperaturen

Bij Hlsarna wordt vloeibaar ijzer gemaakt onder hoge temperaturen. Het ijzererts wordt bovenin de smeltcyclus gesmolten waarna het naar beneden stroomt. Iedere dag worden heel veel metingen gedaan. Zo wordt bijvoorbeeld de temperatuur gemeten. De variabele "warmte_smeltcyclus" betreft de temperatuur in de smeltcyclus waar ijzererts en zuurstof geïnjecteerd worden.

- Maak voor deze variabele "warmte_smeltcyclus" een boxplot en een frequentietabel en een frequentiepolygoon.
- Beschrijf de vorm van de verdeling.

Overleg met je docent hoe je het beste een boxplot kunt maken: met de hand of met de computer..

Opdracht 3: Productie Modus

Een hoogoven kan in verschillende toestanden verkeren. Zo zijn er momenten waarop er wel en waarop er geen ijzererts wordt toegevoegd. De variabele geeft de toestand aan met de waarden 0 of 1 en dat staat voor: "injecteren" of "niet-injecteren".

- Geef voor deze variabele "productie_modus" aan of het een kwalitatieve of een kwantitatieve variabele is.
- Geef voor deze variabele aan of het een continue of een discrete variabele is, dan wel een nominale of een ordinale.
- Bij hoeveel procent van de waarnemingen is de hoogoven in de toestand "injecteren"?

Onderzoek met een boxplot het verschil in temperatuur in de smeltcyclus tussen de toestanden "injecteren" en "niet-injecteren".

- Maak voor de variabele "warmte_smeltcyclus" twee boxplots, een voor iedere toestand. Geef aan of het verschil in temperatuur tussen deze twee toestanden gering, middelmatig of groot is.

De temperatuur wordt op verschillende punten gemeten en op ieder meetpunt krijg je verschillende waarden. De variabele "warmte_reductievat" staat voor de temperatuur in het midden van het reactor.

- Maak voor de variabele "warmte_reductievat" een boxplot en geef aan of het verschil in temperatuur tussen de twee toestanden gering, middelmatig of groot is.
- Bereken ook de effectgrootte van het verschil in temperatuur tussen beide toestanden. Is het verschil gering, middelmatig of groot?

Opdracht 4: IJzererts_proef

Omdat er na het “injecteren” sprake is van verschillende overgangssituaties, is een verfijning aangebracht in de toestanden. De variabele “ijzererts_proef” kan verschillende waarden aannemen. De belangrijkste zijn “injecteren” en “stabiel”.

- a. Onderzoek nogmaals met grafieken hoe groot de invloed is van de variabele “ijzererts_proef” op de variabelen “warmte_smeltcyclus”, “warmte_schoorsteen” en “warmte_reductievat”.

Is je opgevallen dat de variabele “ijzererts_proef” twee waarden heeft voor stabiel? Het verschil is dat in experiment A gebruik gemaakt is van een ijzererts met kwaliteit A en in experiment B van ijzererts met kwaliteit B. Je gaat nu onderzoek hoe groot het verschil is tussen deze twee kwaliteiten.

- b. Toon met een berekening aan dat de gemiddelde waarde van “warmte_schoorsteen” bij experiment A ongeveer 1560° is en bij experiment B ongeveer 1480° .

De temperatuur in de smeltcyclus stijgt als er meer zuurstof wordt toegevoegd en daalt als er inder zuurstof wordt toegevoegd. Tijdens beide experimenten is geprobeerd om de temperatuur constant te houden.

- c. Bereken de betrouwbaarheidsintervallen voor de variabele “warmte_schoorsteen” voor de stabiele toestanden van “experiment_A” en “experiment_B”. Welke conclusie trek je over het verschil in temperatuur tussen beide experimenten?

Opdracht vwo

Op het formuleblad dat verstrekt wordt bij het centraal examen staat bijvoorbeeld dat wanneer de effectgrootte groter dan 0,8 is, dat dan de conclusie mag zijn dat er sprake is van een groot verschil. Je kunt je nu afvragen of de conclusie gelijk blijft of juist verandert wanneer je de variabelen uitdrukt in een andere eenheid. Concreet, verandert de conclusie of blijft deze gelijk wanneer je een volume in plaats van in liters uitdrukt in kubieke meters. Of een lengte in centimeters, meters of kilometers. Of dat je een snelheid uitdrukt in meter per seconde of in kilometer per uur.

Laat met berekeningen zien dat bij ieder van de statistische formules op het formuleblad de conclusies onveranderd blijven wanneer je bij de waarnemingen een getal optelt of wanneer je de waarnemingen met een factor vermenigvuldigt.

Opdrachten

In de volgende opdrachten gaat het steeds om het verschil te onderzoeken tussen de stabiele toestand van experiment A en experiment B. Met de variabele “ijzererts_proef” kun je de twee verschillende experimenten onderscheiden.

Ruw ijzererts bevat naast ijzer ook een groot aantal andere chemische elementen. Ook kunnen chemische elementen tijdens het productieproces worden toegevoegd om de kwaliteit te verbeteren. Zo gaat de eerste opdracht over het element silicium.

Wanneer je nog niet geoefend hebt met de formulekaart, dan is het raadzaam om deze eerst goed te bestuderen.

Opdracht Silicium

Na zuurstof is silicium het meest voorkomende element in de aardkorst. Het zit in zand en in kwarts, maar ook in edelstenen als amethyst, agaat, jasper en opaal. Silicium wordt verwerkt in computerchips, in glas, keramiek, zonnepanelen. Siliciumdioxide blijft achter in de slak. Siliciumdioxide komt voor in voeding als haver, in voedingssupplementen en wordt het gebruikt als antiklontermiddel.

- a) Laat met grafieken zien dat er bij experiment A enigszins sprake is van een scheve verdeling en bij experiment B van een meertoppige verdeling.
- b) Beschrijf aan de hand van grafieken het verschil in de verdeling van het silicium gehalte tijdens beide experimenten.

Voor de kwaliteit van het vloeibaar ijzer is het belangrijk dat het gehalte aan silicium binnen bepaalde grenzen blijft.

- c) Geef voor de stabiele fase van experiment A het 95% betrouwbaarheidsinterval van het gehalte silicium.

Wanneer het gehalte silicium boven de 3000 is, moet het vloeibaar ijzererts afgekeurd worden.

- d) Laat met berekeningen zien dat voor de stabiele fase van experiment A en experiment B de 95% betrouwbaarheidsintervallen van het percentage afkeur op grond van gehalte silicium boven de 3000 elkaar niet overlappen.

Opdracht Mangaan

Mangaan is een metaal met heel verschillende toepassingen. In ons lichaam is het nodig voor de vorming van botweefsel. Verder is mangaan betrokken bij de stofwisseling.

Mangaan wordt verkocht als voedingssupplement. Mangaan komt voor in granen, rijst, noten, bladgroenten, fruit, vlees, vis en thee. Op de bodem van de oceanen wordt mangaan in enorme hoeveelheden aangetroffen in de vorm van mangaanknollen maar de winning hiervan is economisch niet aantrekkelijk. De glasindustrie maakt gebruik van mangaan om glas een paarse kleur te geven.

Mangaan wordt toegevoegd aan gesmolten staal om zuurstof en zwavel te verwijderen en vormt een legering met staal, zodat dit makkelijker in vorm te buigen is. Verder verstevigt mangaan het staal en maakt het staal beter bestand tegen corrosie.

- a) Onderzoek met behulp van de effectgrootte hoe groot het verschil is in mangaan tijdens de stabiele fase van de twee experimenten A en B.

Opdracht Koolstof

Koolstof komt overal voor in de natuur. Koolstof in de vorm van steenkool wordt gebruikt als brandstof. In de middeleeuwen werd ijzer gemaakt met houtskool. Tegenwoordig wordt steenkool gebruikt. Bij verbranding komt echter CO₂ vrij. In nieuwe projecten wordt onderzocht hoe je ijzer kunt maken met minder koolstof (en dus minder CO₂ uitstoot) of met waterstof (geen CO₂ uitstoot, maar H₂O water).

- a) Leg uit waarom het niet zinvol is om bij deze dataset betrouwbaarheidsintervallen te maken van de variabele "koolstof".
- b) Onderzoek met behulp van maximale verschil van de cumulatieve percentages (maxVCP) voor de variabele koolstof het verschil tussen de stabiele fases van beide experimenten A en B. Welke conclusie kun je trekken?

Opdracht Koper

Koper is een roodgeel metaal dat gebruikt wordt in kunstwerken, elektriciteitsdraad, muntgeld, dakbedekking, voedingssupplementen en waterleidingen. Door de relatief hoge prijs van koper wordt er helaas veel koper gestolen, bijvoorbeeld koperdraad langs spoorwegen of bliksemafleiders bij hoge gebouwen zijn populair bij het dievengilde. Wanneer ijzer teveel koper bevat, dan kan van dat ijzer geen kwalitatief hoogwaardige eindproducten gemaakt worden. Het ijzer wordt dan afgekeurd vanwege koperverontreiniging.

- a) De hoeveelheid koper is gecodeerd van weinig tot veel (van A tot en met L). Geef voor deze variabele aan welke van de volgende woorden van toepassing is: kwantitatief of kwalitatief, continu of discreet, nominaal of ordinaal.
- b) Maak voor de stabiele fase van beide experimenten A en B een frequentietabel en onderzoek met behulp van maxVCP het verschil in koperverontreiniging tussen beide experimenten

Opdracht Molybdeen

Molybdeen is een zeldzaam metaal. Je komt het tegen in voedingssupplementen voor sporters maar ook in aquaria is het een belangrijk bestanddeel. Molybdeen wordt toegevoegd aan kunstmest en als pigment in verf.

- a) De hoeveelheid molybdeen is gecodeerd als "L" of "M" en staat voor wel of niet aanwezigheid van molybdeen. Onderzoek met een twee-bij-twee tabel of het verschil in aanwezigheid van molybdeen tussen beide experimenten klein, middelmatig of groot is.

Opdracht Titanium

Titanium is een sterk en licht metaal. Het is ideaal voor brillmonturen, laptopbehuizingen, horlogekasten, golfclubs en racefietsen. Titanium is corrosiebestendig en bestand tegen extreme temperatuurschommelingen. Daarom wordt het toegepast bij de constructie van vliegtuigen en raketten. Scheepsschroeven worden gemaakt van titanium vanwege de goede bestendigheid tegen zeewater. Titanium wordt veel voor sieraden gebruikt omdat het anti-allergeen en goed bewerkbaar is. Het is biologisch inert en kan daarom gebruikt worden voor prothesen, bijvoorbeeld voor een heupimplantaat. Titaniumoxide is een van de vele bestanddelen in de slak. Titaniumoxide is op zich een waardevolle grondstof. Het is een belangrijke component in witte verf en in zonnebrandcrème.

- a) De aanwezigheid van titanium is gecodeerd als een geheel getal. Motiveer je keuze voor een statistische techniek om het verschil in titanium tussen beide experimenten te onderzoeken. Leg voor iedere techniek van het formuleblad uit waarom je die techniek wel of niet kunt gebruiken.

- b) Onderzoek het verschil in titanium in de stabiele fase van beide experimenten en geef aan of het verschil klein, middelmatig of groot is..

Opdracht Nikkel

Nikkel is een metaal dat aan ijzer toegevoegd wordt om roestvrij staal te maken. Nikkel wordt ook gebruikt in batterijen en in euromunten. Nikkel komt in kleine hoeveelheden voor in onze levensmiddelen. In sieraden wordt vaak nikkel verwerkt, maar sommige mensen zijn allergisch voor nikkel en moeten dus oppassen bij het dragen van sierraden.

- a) De aanwezigheid van nikkel is gecodeerd als nul of één (0 of 1) en staat voor niet of wel aanwezig. Onderzoek met betrouwbaarheidsintervallen het verschil in percentage waarnemingen waarin nikkel werd aangetroffen in beide experimenten.

Eigen Opdrachten

Onderzoek zelf minstens vijf verbanden. Gebruik bij ieder onderzoek andere statistische technieken. Iedere correct toegepaste techniek levert punten op. Herhaaldelijk dezelfde techniek toepassen levert geen punten op.

Motiveer bij ieder onderzoek waarom je gekozen hebt voor bepaalde technieken. Onderbouw je conclusies met grafieken, tabellen en argumenten.

Nakijkmodel Praktische Opdracht Statistiek Wiskunde A

Namen deelnemers: -----

Onderdeel	Punten	Score	Opmerkingen
PO deel 1			
Opgave 1 dataset	1		
Opgave 2 hoge temperaturen	5		
Opgave 3 productie modus	5		
Opgave 4 ijzererts proef	6		
Opgave Silicium	9		
Opgave Mangaan	6		
Opgave Koolstof	6		
Opgave Koper	6		
Opgave Molybdeen	6		
Opgave Titanium	6		
Opgave Nikkel	4		
PO deel 2			
• Formuleren en beantwoorden eigen opdracht 1	6		
• Formuleren en beantwoorden eigen opdracht 2	6		
• Formuleren en beantwoorden eigen opdracht 3	6		
• Formuleren en beantwoorden eigen opdracht 4	6		
• Formuleren en beantwoorden eigen opdracht 5	6		
Voor excellente en unieke onderzoeksvragen en uitvoering van de eigen opdrachten en van de opdracht vwo	10		
	100		