



PLANET
CHANGE

Ruimtegevaar: Ruimtepuin

Docentenhandleiding

Niveau Europees kwalificatie kader 3 en 4



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Planet change is the short name of an EU Erasmus+ project aimed at VET teachers and their students. With small activities, the idea is to create awareness about sustainability and acquire 21st century skills. All this is done in a technical context, mostly from space technology.

www.planetchange.eu



Inhoud

1. Algemene informatie	4
Onderwerp	4
Activiteit	4
2. Introductie	5
3. Beschrijving van de activiteit	9
Deel 1: Satellietogen vanuit de ruimte (15 minutes)	9
Deel 2: De kerntaak (25 minutes)	9
Deel 3: Reflectie en volgende stappen (20 minutes)	10
Deel 4 (optioneel): Een mogelijke toekomst in de ruimtevaartsector	10
4. Bijlagen	11
Achtergrond information	11
Werkblad Onderzoek naar ruimtevervuiling	13
Werkblad Botsingen in de ruimte	15
Werkblad Schoonmaak	16



1. Algemene informatie

Doelgroep, leeftijd: 16-18 jaar

Niveau van het Europese kwalificatiekader: 3 en 4

Duur: 60 minuten

Materiaal: Computers met internet verbinding, werkbladen, bord

Software: elke internet browser en de website <https://sky.rogue.space>

Voorbereiding: Basiskennis van de software <https://sky.rogue.space>; Docenten worden aangeraden om de werkblad zelf in te vullen ter voorbereiding.

Onderwerp

Thema: Ruimtegevaar

Zoekwoorden: ruimtepuin, Kessler-effect, satelliet, ruimte schoonmaken, 21st-eeuwse vaardigheden

Activiteit

Leerdoelen:

De student krijgt meer kennis en training over:

1. Het probleem van ruimtepuin
 - a. Wat houdt dit probleem in
 - b. Waarom is ruimtepuin een probleem?
2. Wat gebeurt er als ruimtepuin botst?
 - a. De botsing tussen Iridium 33 en COSMOS 2251 in 2009
 - b. Het Kessler-effect
3. Training van 21e-eeuwse vaardigheden, waaronder:
 - a. Mediageletterdheid
 - b. Informatievaardigheden
 - c. Kritisch denken
 - d. Samenwerking
 - e. Communicatie

Samenvatting van de activiteit

Tijdens deze les bespreken de studenten de soorten ruimtepuin en leren ze de mate van vervuiling kennen met behulp van een programma dat de huidige ruimteobjecten in kaart brengt. Door naar het ruimtepuin te kijken en gegevens te noteren, wordt een basiskennis van de gevaren gevormd. Dit begrip wordt gebruikt om te onderzoeken wat er gebeurt als twee brokstukken op elkaar botsen. De studenten onderzoeken de gevaren van ruimtepuin en wat er kan gebeuren als er niets wordt gedaan om de resulterende vervuiling te voorkomen. Vervolgens bespreken en evalueren de studenten wat er momenteel wordt gedaan om het ruimtepuin te voorkomen en op te ruimen en doen ze aanbevelingen voor oplossingen. Als laatste stap kunnen de studenten hun nieuwe kennis gebruiken in een debat over nieuwe maatregelen om ruimtepuin tegen te gaan.



2. Introductie

Tijdens hun missies helpen satellieten ons te begrijpen wat er op aarde gebeurt. We kunnen onze locatie bepalen met behulp van GPS-satellieten, bankoverschrijvingen doen dankzij de precieze timing van satellieten en windpatronen van bovenaf monitoren met de gegevens die ze leveren.

De missie van de satelliet bepaalt gedeeltelijk hoe ver de satelliet van de aarde in een baan zal zijn (zie tabel 1). Als de satelliet in de Low Earth Orbit (LEO) wordt geplaatst, kan hij een klein deel van de aarde monitoren. De meeste satellieten in deze baan maken deel uit van een groter netwerk, zoals het Iridium-netwerk met 66 actieve satellieten. Als de satelliet één specifieke kant van de aarde moet monitoren, wordt hij in de Geostationary Earth Orbit (GEO) geplaatst. De satelliet wordt 35.786 km boven de evenaar gepositioneerd. Door de rotatie van de aarde te volgen, zal de satelliet gedurende de hele missie hetzelfde deel van onze planeet bekijken. Elke satelliet tussen de LEO en GEO bevindt zich in het gebied dat de Middle Earth Orbit (MEO) wordt genoemd. De GPS-, Galileo- en GLONASS-satellieten die voor de navigatie worden gebruikt, zijn allemaal in de MEO geplaatst.

Tabel 1: Aardbanen en hun hoogtes

Naam	Hoogte (vanaf de aardoppervlakte)
LEO	Minder dan 2000 km
MEO	2000 – 35,786 km
GEO	35,786 km

Als een satelliet in de LEO zijn missie heeft voltooid, kan hij binnen 5 tot 10 jaar na zijn laatste momenten terugvallen naar de aarde. Als de satelliet verder weg is, in de GEO, blijft hij in een baan en kan het eeuwen duren voordat hij de atmosfeer van de aarde bereikt. De meeste satellieten in de GEO worden verplaatst naar een begraafplaatsbaan, 300 km boven de GEO.

Momenteel in de ruimte

Sinds de eerste satelliet, de Spoetnik, in 1957 werd gelanceerd, zijn er meer dan 56000 detecteerbare objecten in een baan om de aarde gebracht. In november 2022 bevinden zich nog altijd circa 36.500 objecten groter dan 10 cm in de ruimte, waarvan een klein deel, van 6800 satellieten, nog operationeel is. De objecten worden in de gaten gehouden door sensoren op aarde en in de ruimte. Niet alle objecten kunnen echter worden gevolgd en geregistreerd, in sommige gevallen omdat ze te klein zijn om te detecteren. Volgens schattingen van ESA zijn er:

- 36.500 objecten groter dan 10 cm.
- 1.000.000 objecten groter dan 1 cm.
- Meer dan 130 miljoen objecten groter dan 1 mm.

De oorsprong van de objecten verschilt. Een groot deel van het puin is afkomstig van satellieten en weggegooiden onderdelen van raketten. In december 2020 toonden de Verenigde Naties aan dat ongeveer 14% van alle ruimtepuin van onbekende oorsprong is.

Gevaren van ruimtepuin



De stukken ruimtepuin kunnen erg gevaarlijk zijn voor de actieve technologie in een baan om de aarde. Deze brokstukken verplaatsen zich met snelheden van ongeveer 7 km/s, wat betekent dat een stuk ruimtepuin binnen één seconde 70 voetbalvelden voorbij kan gaan. Deze objecten reizen met hypervelocity, wat betekent dat ze reizen met snelheden tussen 1 km/s en 20 km/s. De satellieten in het LEO-gebied kunnen binnen twee uur een baan om de aarde voltooien.

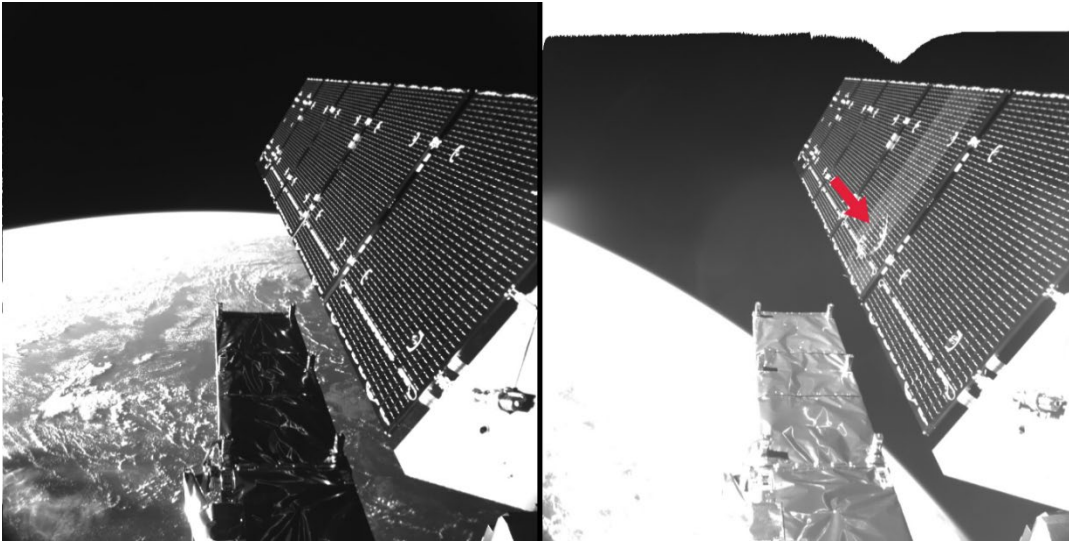
Als een stuk ruimtepuin met deze snelheid tegen een ander object botst, kan het grote schade aanrichten. Uit observaties van botsingen in de ruimte en experimenten op aarde weten we dat een klein projectiel kan smelten en volledig uiteen kan vallen bij impact op een groter doelwit. Het Fraunhofer Instituut in Duitsland voerde een experiment uit waarbij een 2,7 mm aluminium bal die botst met een beschermend schild verdampt bij impact. In dit voorbeeld is de gemiddelde snelheid van het object 7 km/s, dezelfde snelheid als de meeste objecten die zich in de LEO bevinden.



Figuur 1: Botsing van een 2,8 mm aluminium bol met hypersnelheid (Bron: Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics)

Als het experiment in realtime wordt bekeken, lijkt het alsof de bal verdwijnt en een gat in het schild achterlaat. Op grotere schaal, met objecten die in de ruimte botsen, lijkt het alsof de objecten door elkaar heen lijken te gaan en veranderen in een stofwolk. De mate van schade aan het doelwit is gedeeltelijk afhankelijk van het projectiel. De onderstaande afbeelding toont de impact van een stukje puin van een millimeter groot dat botste met de Sentinel 1A-satelliet en een beschadigd gebied van ongeveer 40 cm groot creëerde (zie hieronder). Als het stukje puin groter wordt, neemt de schade ook toe. Een botsing met een object van 10 cm kan een satelliet verbrijzelen en een stukje van 1 cm kan de schilden van het ISS binnendringen.





Figuur 2: Voor en na impact van een 1 mm groot object op de Sentinel-1 (Bron: ESA)

Het kan lastig zijn om met fragmenten van een satelliet om te gaan. De omgeving in de ruimte staat de natuurlijke ontbinding die we hier op aarde kennen niet toe. De objecten die in de ruimte achterblijven, defecte satellieten, weggegooide raketlichamen, enzovoort, zullen niet natuurlijk afbreken.

Het Kessler-effect

Als een stuk puin groot of snel genoeg is, kan het andere objecten verbrijzelen. Als de brokstukken botsen, versplinteren ze in kleinere brokstukken. Deze kleinere brokstukken kunnen ook op nieuwe ruimteobjecten botsen en ook versplinteren.

Na een paar botsingen zullen er meer brokstukken zijn dan voor de eerste botsing. Meer brokstukken zullen dan dezelfde ruimte innemen.

Wanneer het aantal objecten toeneemt in dezelfde ruimte, is de kans groter dat de brokstukken op elkaar botsen.

Stel je een stuk snelweg voor. Op een rustige ochtend botsen twee auto's op de snelweg. Omdat er geen andere auto's op de snelweg zijn behalve de twee botsende auto's, is er maar één botsing.

Deze situatie is anders wanneer twee auto's tegen elkaar botsen in een file. In de file zijn er meer auto's die dezelfde ruimte innemen. Nadat de twee auto's tegen elkaar zijn gebotst, kunnen ze opnieuw botsen met auto's in de buurt. Ze veroorzaken een kettingreactie.

Deze kettingreactie van botsingen is ook mogelijk met ruimtepuin. Wanneer het aantal botsingen toeneemt en er meer stukken ruimtepuin ontstaan, noemen we dit het Kessler-effect.

Uiteindelijk, als de botsingen doorgaan, zal het Kessler-effect zo ernstig worden dat ruimtepuin de hele Aarde zal bedekken en het bijna onmogelijk kan zijn om de Aarde te verlaten.

Beperken van botsingen

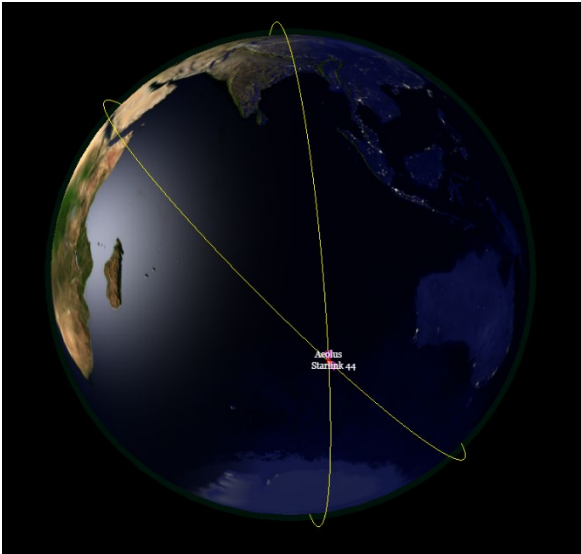
Om het Kessler-effect te voorkomen en satellieten te beschermen, communiceren ruimtevaartorganisaties met hun satellieten om botsingen met puin te voorkomen. Eerst brengen ze de baan van de satelliet in kaart met radars op



aarde en in de ruimte. Wanneer er een risico lijkt te zijn op een botsing met puin, formuleert de organisatie een plan dat de minste schade toebrengt aan het ruimtevaartuig. Als laatste stap sturen ze het commando om naar de berekende positie te gaan en het puin te ontwijken.

Er zijn ook gevallen bekend van twee operationele satellieten die bijna met elkaar botsten. In 2019 voorspelde ESA dat hun satelliet Aeolus Starlink 44 zou raken. ESA nam contact op met SpaceX om samen te werken en de crash te voorkomen. Door een bug in het communicatiesysteem van SpaceX werden de berichten van ESA echter niet ontvangen door de Starlink-operatoren. Om Aeolus te redden, verhoogde ESA de hoogte met 350 meter en ontweek Starlink 44 met succes.

Tegenwoordig verloopt de communicatie tussen ruimtevaartorganisaties over mogelijke crashes via e-mail. Gezien het steeds toenemende ruimteverkeer en de daaruit voortvloeiende noodzaak voor meer maatregelen ter beperking van de gevolgen, zal dit proces in de toekomst niet haalbaar zijn.



Figuur 3: De satellietbanen van Aeolus en Starlink 44 en de berekende botsingslocatie (Bron: ESA)

Schoonmaak in de ruimte

Een botsing tussen satellieten is niet de enige gebeurtenis die puin produceert, hoewel deze botsingen wel veel fragmenten produceren. Er zijn veel manieren waarop een satelliet een stuk puin kan worden. Het is mogelijk dat de satelliet tijdens zijn missie kapotgaat omdat zijn mechanische onderdelen niet goed werken. De brandstof van een raket of satelliet is ook een risico. De energiebron kan exploderen of, wanneer gebruikt, kleine deeltjes van minder dan een millimeter in de uitlaat vrijgeven.

Puin kan ook opzettelijk worden losgelaten of in een baan om de aarde worden gecreëerd. Rakettrappen die niet langer nodig zijn, worden weggegooid of een anti-satellietraket raakt een satelliet, zoals het geval was in 2007 toen een Chinese anti-satellietraket een oude weersatelliet raakte, waarbij meer dan 600 stukken puin groter dan 10 cm ontstonden.

Om te voorkomen dat er meer puin wordt gevormd, hebben internationale agentschappen standaarden voor ruimtevaartorganisaties gepubliceerd. Ruimtevaartorganisaties hebben internationale standaarden vertaald in richtlijnen. De richtlijnen van ESA hebben als doel:



- Voorkom ongecontroleerde groei van verlaten ruimtevaartuigen en gebruikte orbitale fasen van lanceervoertuigen, met name om de LEO- en GEO-beschermd regio's te behouden.
- Voorkom puin als gevolg van het opzettelijke vrijlaten van missie gerelateerde objecten.
- Voorkom onbedoeld puin als gevolg van explosies en botsingen met ruimteschroot en meteoroiden.
- Voorkom botsingen door botsingsvermijdingsmanoeuvres uit te voeren.
- Beperk het risico op slachtoffers als gevolg van gecontroleerde of ongecontroleerde terugkeer van ruimtesystemen

Deze richtlijnen houden rekening met het ontwerp, de productie, de lancering, de missie en de eindfase van de satelliet.

3. Beschrijving van de activiteit

Deel 1: Satellietogen vanuit de ruimte (15 minutes)

De docent begint de les met het stellen van de vraag: "Is er afval in de ruimte? Zo ja, wat voor soort afval?" De klas maakt een woordweb van objecten die als ruimtepuin zouden kunnen gelden (bijv. inactieve satellieten, weggegooid onderdelen van raketten, missie-gerelateerd puin zoals camera's of kabels).

De klas bespreekt de soorten ruimtepuin.

Bij de volgende opdracht hebben de studenten een computer met internet nodig. Ze bekijken de objecten rond de aarde op <https://sky.rogue.space> en beantwoorden de vragen op het werkblad.

Deel 2: De kerntaak (25 minutes)

De docent vraagt de studenten naar hun antwoorden op de laatste vraag "Denk je dat het aantal stukken ruimtepuin in de loop der jaren zal toenemen? Waarom wel of waarom niet?"

Na een discussie maken de studenten groepjes van twee en onderzoeken ze de botsing tussen Iridium 33 en Cosmos 2251 in 2009. Ze zoeken op internet naar informatie over de botsing en bespreken de volgende vragen

- *Hoeveel brokstukken werden er gemeld?*
- *Welke factoren spelen een rol bij een botsing tussen twee satellieten?*
- *Teken een situatie waarin twee satellieten botsen en de meeste schade aan elkaar toebrengen. Geef het punt van impact op beide satellieten aan en in welke richting ze bewegen.*
- *Waarom is dit punt van impact de plek die de meeste schade veroorzaakt?*
- *Wat denk je dat er gebeurt als een van de stukken puin een andere satelliet raakt? Tip: kijk naar de snelheid van een van de stukken op <https://sky.rogue.space>*

De klas bespreekt de vragen, met de meeste focus op de vraag "Wat denk je dat er gebeurt als een van de brokstukken een andere satelliet raakt? Tip: kijk naar de snelheid van één van de brokstukken op <https://sky.rogue.space>. Daarna bespreekt de klas de gevaren van ruimtepuin, het scenario van het Kessler-effect en huidige richtlijnen om afval te verminderen.



Deel 3: Reflectie en volgende stappen (20 minutes)

De studenten blijven in hun groepjes van twee. Ze bespreken en onderbouwen welke methoden om van ruimtepuin af te komen ze graag zouden gebruiken, welke niet, en welke methode die niet in de lijst staat ze zouden willen invoeren. De studenten mogen het internet gebruiken om meer methoden te zoeken. Aan het einde van de les presenteert elke groep hun oplossing en welk probleem hun oplossing zou oplossen.

Deel 4 (optioneel): Een mogelijke toekomst in de ruimtevaartsector

Ruimtevaartorganisaties over de hele wereld gebruiken telescopen, radars en lasers om objecten in de ruimte op te sporen. Alleen al in Europa zijn er meer dan 50 systemen die ruimtepuin kunnen opsporen. Een van deze systemen is de radar TIRA bij Bonn in Duitsland. Deze radar kan objecten ter grootte van een 1-euromuntstuk detecteren vanaf 1000 kilometer afstand. Het is te danken aan de nauwkeurige radarsensoren dat we deze objecten kunnen detecteren. De radarsensoren kunnen de snelheid van een object detecteren en de afstand tussen dat object en de positie van de radar zelf. Radartechnologie heeft veel toepassingen. Piloten gebruiken het om obstakels te ontdekken, schepen om andere schepen te vinden, politieagenten om de snelheid van passerende bestuurders te meten en het wordt zelfs gebruikt om het weer te voorspellen.

Andere technologie kan ook worden gebruikt om objecten op grote afstand te detecteren. Het Optical Ground Station bij het Teide Observatory in Izaña, Tenerife gebruikt een optische camera om objecten in de GEO te detecteren. Met een diameter van 1 meter kan de lens objecten met een diameter van 10 cm detecteren vanaf een afstand van 36.000 km.



4. Bijlagen

Achtergrond information

ESA's mitigation guidelines

ESA's Space Debris Mitigation Compliance Verification Guidelines zijn een reeks richtlijnen die beschrijven wat er gedaan kan worden om de hoeveelheid ruimtepuin in de banen rond de aarde te verminderen. De richtlijnen leggen het doel uit, de gebruikte methoden en maatregelen die genomen kunnen worden om risico's te minimaliseren.

Het document van 2023 van ESA's Space Debris Mitigation Compliance Verification Guidelines is hier te vinden: [https://esamultimedia.esa.int/docs/spacesafety/ESSB-HB-U-002-Issue2\(14February2023\).pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/spacesafety/ESSB-HB-U-002-Issue2(14February2023).pdf)

Clean Space project

Dit project is gericht op het verminderen van ruimtepuin op drie manieren.

De eerste methode is ruimtemissies ontwerpen die duurzaam zijn voor het milieu. De satelliet wordt gevolgd vanaf het ontwerp tot de opruiming en geanalyseerd op basis van de uitstoot, de gebruikte bronnen en de impact op gezondheid en milieu. De negatieve impact wordt beoordeeld en verminderd voor elke fase tussen het ontwerp van een satelliet en de opruiming ervan, zonder de impact van andere fasen te vergroten. Meer informatie is te vinden op: https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/ecodesign

De tweede methode is het ontstaan van meer ruimtepuin verminderen door te voorkomen dat de satelliet uit elkaar valt. Een oplossing zou kunnen zijn dat een satelliet een andere satelliet van brandstof voorziet, repareert en duwt. In 2018 werd de missie om satellieten te laten repareren door een andere satelliet voorgesteld voor het Clean Space-project. De voorgestelde satelliet zou de andere satelliet kunnen opvangen en reparaties kunnen uitvoeren of zelfs de kapotte satelliet uit zijn baan kunnen duwen voor een terugkeer in de atmosfeer als deze niet meer te repareren is. Deze satelliet zou ook de brandstof uit de kapotte satelliet kunnen halen om te voorkomen dat de brandstofcontainer barst en er nog meer puin ontstaat. Meer informatie is te vinden op: https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/cleansat

De derde methode is gericht op het actief verwijderen van ruimtepuin, dat veel gemeen heeft met de tweede methode. Deze derde methode richt zich echter niet op het in omloop houden van het ruimtepuin, maar op het actief verwijderen van het ruimtepuin. Een van de voorgestelde manieren is om het ruimtepuin uit zijn baan te duwen, in de richting van de dampkring van de aarde of een zogenaamde kerkhofbaan, waar het ruimtepuin veilig uit de buurt van functionerende systemen wordt verzameld. In 2025 zal er een systeem worden gelanceerd dat verschillende objecten kan vangen en veilig uit hun baan kan halen. Deze satelliet kan objecten vangen met een gigantische klauw, maar andere methoden om ruimtepuin te vangen zijn ook mogelijk. Andere voorgestelde methoden zijn het gebruik van een groot net, een harpoen en een robotarm. Meer informatie is te vinden op: https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/in-orbit_servicing_active_debris_removal en https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/ESA_commissions_world_s_first_space_debris_removal

Aanbevelingen voor het minimaliseren van ruimtepuin:

In 2010 publiceerde een adviescommissie van de Verenigde Naties zeven richtlijnen om ruimtepuin en verstoringen door ruimtepuin tot een minimum te beperken.



1. Beperk het vrijkomen van ruimtepuin tijdens normale operaties.
2. Minimaliseer de kans op zaken die kapot gaan en breuken.
3. Beperk de kans op een toevallige botsing in een baan om de aarde.
4. Vermijd opzettelijke vernietiging en andere schadelijke activiteiten.
5. Minimaliseer de kans op breuken en explosies na een missie als gevolg van opgeslagen energie.
6. Beperk langdurige aanwezigheid van ruimtevaartuigen en rakettrappen in de lage baan om de aarde na afloop van hun missie.
7. Beperk de langdurige interferentie van ruimtevaartuigen en rakettrappen met het geosynchrone aardbaangebied na het einde van hun missie.

Link met actuele aantallen ruimtepuin:

https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers

Informatie voor de docent

Plaats de tafels in de klas in een U-formatie te plaatsen, zo kunnen de studenten elkaar aankijken tijdens de discussies en makkelijker reageren op de gemaakte opmerkingen. De presentaties van hun ideeën aan het einde kunnen worden gedaan in de vorm van een elevator pitch. Vraag de studenten om hun oplossing te introduceren en te onderbouwen waarom ze deze oplossing binnen 1 of 2 minuten hebben gekozen. Herinner ze eraan om kort hun gekozen doelstellingen, probleem en de ontwerpfase te noemen in hun onderbouwing. Houd een timer klaar tijdens de pitches en kort de presentatie in als de tijdslimiet niet wordt gerespecteerd.

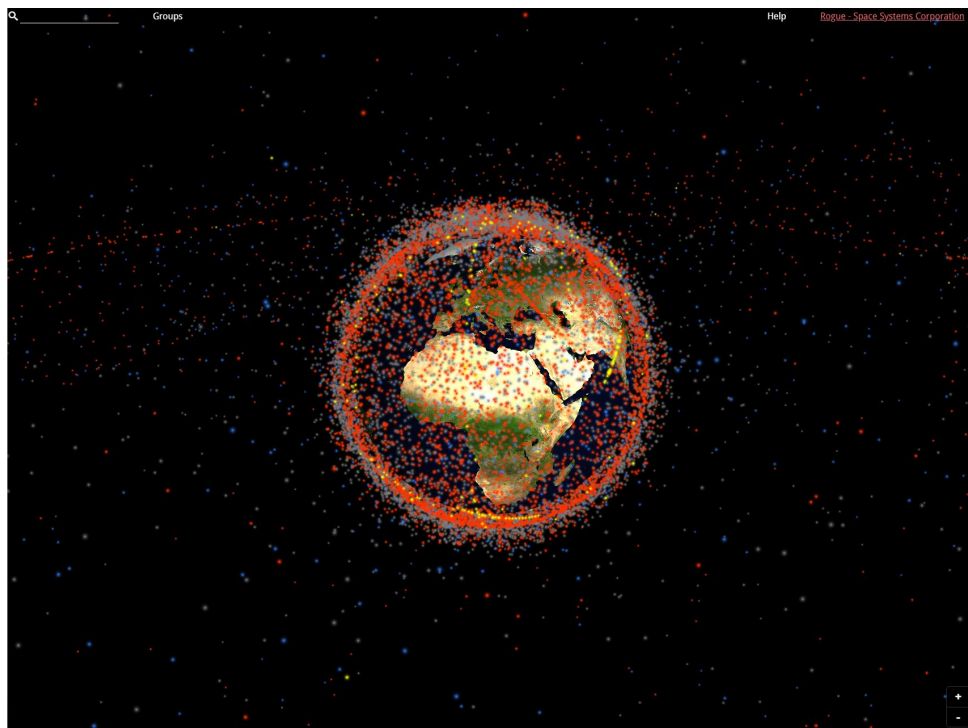
De werkbladen staat op de volgende pagina's.



Werkblad Onderzoek naar ruimtevervuiling

Ga naar de website <https://sky.rogue.space>

Deze website laat elk waarneembaar object zien dat zich op dit moment in de ruimte bevindt. Elk object wordt weergegeven door zijn eigen stip en een kleur die de categorie ervan aangeeft.



1. Welke kleuren hebben de voorwerpen? Noem de vier kleuren in de tabel hieronder.
2. Bij welke categorie hoort elke kleur? Tel de categorieën op in de tabel hieronder.

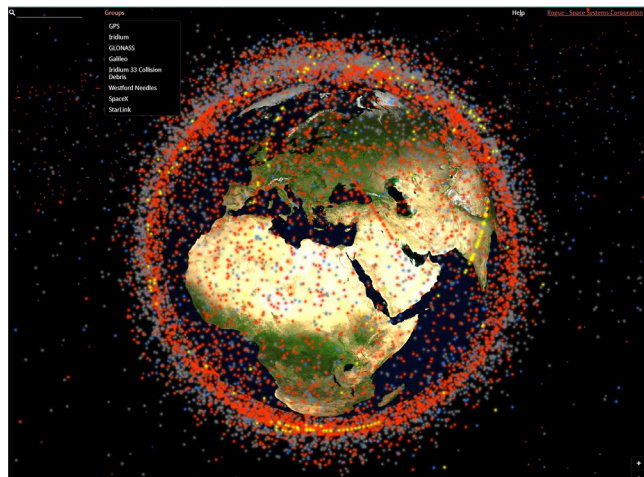
Kleur	Categorie

3. Denk je dat de objecten in de categorie 'rocket body/raketonderdeel' ook ruimtepuin zijn? Waarom?



Beweeg je muis over 'Groups' in de linkerbovenhoek en klik op 'GPS'.

4. Wat stellen de blauwe lijnen voor?



Klik op de zwarte achtergrond om alle objecten weer te zien.
Zoom in op Nederland.

5. Tel de volgende 30 seconden de objecten in het luchtruim direct boven Nederland. Hoeveel objecten tel je?

6. Klik op een van de objecten. Vul de onderstaande tabel in.

Naam van het object	
Type object	
Snelheid	
Hoogte	
Baan	LEO / MEO / GEO

Op dit moment zijn er ongeveer 36.500 stukken ruimtepuin groter dan 10 cm in een baan rond de aarde. Dit zal de komende jaren toenemen.

7. Waarom zal dit toenemen? Geef twee redenen.



Werkblad Botsingen in de ruimte

Onderzoek de botsing in 2009 tussen twee satellieten, Iridium 33 en Cosmos 2251. Je kunt op internet zoeken naar antwoorden op de onderstaande vragen.

1. Hoeveel brokstukken warden er gerapporteerd?

2. Welke factoren spelen een rol bij een botsing tussen twee satellieten? Geef drie factoren.

3. Geef op onderstaande afbeelding aan waar een botsing de meeste schade veroorzaakt.



Figuur 4: ESA-satelliet Galileo (Bron: ESA)

4. Waarom is dit punt van impact de plek die de meeste schade veroorzaakt?

5. Wat denk je dat er gebeurt als een van de stukken puin een andere satelliet raakt? Tip: kijk naar de snelheid van een van de stukken op <https://sky.rogue.space>



Werkblad Schoonmaak

1. Kies een doel waarop je je focust. Omcirkel deze.

Voorkom ongecontroleerde groei van verlaten ruimtevaartuigen en gebruikte orbitale fasen van lanceervoertuigen.

Voorkom dat er puin ontstaat door het loslaten van missie gerelateerde objecten of het uit elkaar vallen van ruimtesystemen.

Voorkom dat er puin ontstaat door explosies en botsingen met ruimteschroot en meteoroiden.

Voorkom orbitale botsingen door botsingsvermijdingsmanoeuvres uit te voeren

Beperk het risico op slachtoffers door gecontroleerde of ongecontroleerde terugkeer van ruimtesystemen op aarde

2. Omcirkel het probleem dat je wilt aanpakken. :

Interne of externe breuken	Opruiming in de LEO of GEO
Terugkeer van puin	Vrijlaten/loslaten van puin
	Terugkeer van puin
Vrijlating van onderdelen in de atmosfeer van de aarde	

3. In welke deel van het leven van een satelliet valt je oplossing?

Ontwerp	Productie	Lancering	Missie	Einde/afvoer
---------	-----------	-----------	--------	--------------

4. Wat is de oplossing?

